

UNIVERSITE MONTPELLIER II
Sciences et Techniques du Languedoc



**Impacts de l'incertitude spatiale des pratiques
d'entretien du sol en milieu viticole languedocien sur
l'hydrologie d'un bassin versant.**
Application au bassin versant élémentaire de Roujan.

OUMEIMA – SELMA KRICHEN

Mastère 2 de Recherche : Eau et Environnement

Soutenu le 27 juin 2006 devant le jury composé de :

M. François COLIN

M. Eric SERVAT

M. Marc VOLTZ

Maître de conférence, AGRO Montpellier, Maître de stage.

Directeur de Recherche, IRD Montpellier.

Directeur de Recherche, INRA Montpellier.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier le LISAH pour m'avoir accueillie au sein de son équipe, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de mon stage, en particulier mes encadrants, Messieurs François COLIN et Philippe LAGACHERIE.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	3
1. Cadre général de l'étude.....	5
1.1. ETAT DES LIEUX ET NECESSITE DE MODELISATION	5
1.1.1. Contexte.....	5
1.1.2. Problématique du stage.....	6
1.2. MODELISATION HYDROLOGIQUE EN MILIEU VITICOLE MEDITERRANEEN	7
1.2.1. L'approche de modélisation	7
1.2.1.1. Modélisation conceptuelle globale.....	7
1.2.1.2. Modélisation distribuée à base physique.....	8
1.2.1.3. L'approche retenue	8
1.3. METHODES DE SPATIALISATION DES PRATIQUES D'ENTRETIEN DU SOL	9
1.3.1. La télédétection	9
1.3.2. Les modèles de spatialisation.....	10
2. Site d'étude et méthodes	12
2.1. ZONE D'ETUDE	12
2.1.1. Présentation du bassin versant de La Peyne.....	12
2.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	12
2.2.1. Données géologiques et pédoclimatiques	12
2.2.2. Données hydrographiques.....	14
2.3. DONNEES AGRONOMIQUES	15
2.3.1. Les parcelles culturales.....	15
2.3.2. Pratiques d'entretien du sol	16
3. Modélisation spatialisée des pratiques	18
3.1.1. Distributions aléatoires des pratiques d'entretien du sol	19
3.1.2. Distributions aléatoires des indicateurs de pratiques d'entretien du sol	19
3.1.3. Analyse de la répartition spatiale des exploitations	26
3.2. LA MODELISATION PAR MHYDAS	27
3.2.1. Paramétrisation de MHYDAS.....	28
3.2.2. Calage du modèle sur un événement clé.....	31
3.2.2.1. Calage de la fonction de production sur les parcelles	31
3.2.2.2. Calage de la fonction d'échange	32
3.2.2.3. Calage de la fonction de transfert réseau	32
3.2.2.4. Bilan des paramètres calés	32
3.2.3. Calcul de la capacité d'infiltration Ks correspondant aux pratiques d'entretien P2 et P34.....	33
3.2.4. Calcul des variables de l'hydrogramme de sortie	35

4. Résultats et discussion.....	36
4.1. CARTES DE PRATIQUES D'ENTRETIEN DU SOL OBTENUES PAR LES DISTRIBUTIONS ALEATOIRES DE PRATIQUES	36
4.2. CARTES DE PRATIQUES D'ENTRETIEN DU SOL OBTENUES PAR LES DISTRIBUTIONS ALEATOIRES D'INDICATEURS DE PRATIQUES.....	36
4.3. RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REPARTITION SPATIALE DES EXPLOITATIONS.....	39
4.3.1. <i>Résultats de l'ACP</i>	39
4.3.2. <i>Typologie des histogrammes d'inter-distances</i>	40
4.4. ETUDE DES SCENARI DE SIMULATION DE MHYDAS.....	43
4.4.1. <i>Cas des distributions aléatoires des pratiques</i>	43
<i>Cas des distributions aléatoires des pratiques</i>	44
4.4.2. <i>Cas des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques</i>	44
4.4.3. <i>Limites des résultats</i>	45
5. Discussion et perspectives.....	46
5.1. ORIGINALITE DE CE MEMOIRE	46
5.2. OUTILS D'AIDE A LA GESTION.....	46
5.3. LIMITES DES RESULTATS OBTENUS ET PERSPECTIVES	47
5.3.1. <i>En conditions de nappes hautes</i>	47
5.3.2. <i>Avec d'autres types de pluie</i>	47
5.3.3. <i>D'autres périodes de l'année</i>	47
CONCLUSION	48
Liste des figures	49
Liste des tableaux	51
References bibliographiques	52
ANNEXE 1 : Tableau des variables calculées pour 50 exploitations.	55
ANNEXE 2 : Résultat du calage de l'événement du 5 juin 1997.	56

INTRODUCTION

Le climat contrasté des régions méditerranéennes confère à cette zone une hydrologie particulièrement marquée par de fortes intensités de pluies, lors des événements orageux. Ce phénomène, qui favorise le ruissellement par rapport à l'infiltration dans les sols (Leonard et Andrieux, 1998), a des conséquences inquiétantes pour l'environnement et l'économie, dont :

- Les très grandes inondations du Sud de la France (Nîmes 1988, Vaison-la-romaine 1992 et plus récemment le Gard en 2002 et Arles en 2003), représentant à elles seules plus de 80% des fonds utilisés pour les indemnisations des catastrophes naturelles en 1995 (Abrassart, 1998).

- L'érosion des sols, qui induit une baisse de la productivité agricole au niveau des cultures, tant maraîchères que viticoles. La chute du rendement peut, en effet, constituer un sérieux handicap pour le développement économique de certaines localités rurales à forte dominante agricole et notamment viticole dans la région du Languedoc-Roussillon. Une autre conséquence de l'érosion des sols est la turbidité des eaux. Ce phénomène temporaire et sporadique s'est accru en intensité ces dernières années en raison de modifications des pratiques culturales et d'aménagements du milieu rural, induisant à leur tour une imperméabilisation des sols et une augmentation du ruissellement et de l'érosion.

- Les fortes intensités de pluie, en plus des phénomènes de crues, provoquent un ruissellement accentué, qui a pour conséquence le lessivage des sols et des dispersions de pesticides et d'engrais utilisés en agriculture. Ce mécanisme aboutit à une pollution des eaux de surface, pouvant provoquer des pollutions des nappes phréatiques, par infiltration d'eau polluée.

Ces problèmes, pour la plupart, d'origine naturelle, sont aggravés par l'anthropisation du milieu. Celle-ci se traduit surtout par une forte activité agricole avec la mise en place d'un réseau de fossés et des pratiques d'entretien des sols qui influencent fortement l'hydrologie des bassins versants. Le réseau de fossés, qui récupère les ruissellements de surface pour les conduire rapidement au réseau hydrographique, influence donc le transfert de l'eau et modifie la réponse naturelle du bassin versant (Voltz et *al.*, 1998). Par ailleurs, les pratiques culturales, dont le labour, provoquent la destruction de la croûte texturale à la surface du sol, initialement formée par l'impact des gouttes de pluie et par le temps.

Cette destruction entraîne une augmentation de la macroporosité du sol conduisant à une infiltration accrue. L'enherbement maîtrisé des inter-rangs favorise l'infiltration et limite le transfert de particules. Le désherbage chimique quant à lui, induit la formation d'une croûte superficielle qui réduit l'infiltration. En résumé, les pratiques d'entretien du sol influencent

l'hydrologie du bassin versant au niveau de processus, tels que les ruissellements de surface et l'infiltration (Moussa et al, 2002). C'est pour cette raison qu'il est important de les intégrer aux outils de diagnostics environnementaux, soit les modèles hydrologiques distribués (Moussa et *al.*, 2001) ou les approches par indicateurs spatialisés (Biarnès et *al.*, en cours de rédaction).

Le principal problème que soulève cette exigence est la difficulté à relever, de manière exhaustive, les pratiques d'entretien du sol et ce, en raison de leur variabilité temporelle et du fait qu'elles sont difficiles à mesurer à distance, notamment par télédétection. Ceci est d'autant plus vrai quand il s'agit de zones d'études d'une superficie suffisamment grande pour que les enjeux de l'aménagement soient importants.

Des travaux sur des modèles de spatialisation sont donc nécessaires pour estimer ces pratiques. Compte tenu des limites que posent les investigations de terrain à l'échelle de grandes zones d'étude, il est probable que ces modèles s'accompagnent d'incertitudes sur la répartition spatiale des pratiques d'entretien du sol.

L'objet de ce mémoire est de mettre en évidence l'impact hydrologique de l'incertitude sur la répartition spatiale des pratiques d'entretien du sol. Nous nous intéresserons, pour y parvenir, à un bassin versant viticole de l'Hérault, représentatif de la viticulture languedocienne : le bassin de La Peyne (75 km²), sur lequel seront générées des répartitions spatiales incertaines de pratiques. Nous utiliserons ensuite un modèle hydrologique distribué, appelé MHYDAS (Moussa et *al.*, 2001), pour simuler les débits associés aux différentes pratiques sur un bassin versant élémentaire représentatif de la vallée de La Peyne : le bassin versant de Roujan (1km²).

1. CADRE GENERAL DE L'ETUDE

1.1. ETAT DES LIEUX ET NECESSITE DE MODELISATION

1.1.1. Contexte

Les milieux cultivés constituent des hydrosystèmes particulièrement complexes, pour lesquels de nombreux enjeux relatifs à la gestion de l'eau requièrent une attention particulière : impact sur les crues, sur l'érosion hydrique, sur la qualité des eaux. Ces enjeux font l'objet depuis quelques années de travaux de recherche visant à identifier et à quantifier les processus hydrologiques en cause, ainsi que le rôle spécifique des activités anthropiques dans ces processus (pratiques culturales, aménagements hydrauliques).

- Le PNRH

Il était donc normal qu'un effort tout particulier soit fait par les organismes de recherche publics pour mieux comprendre et analyser ces processus et élaborer des modèles pouvant être utilisés comme des **outils d'aide à la décision**. C'est ainsi qu'est né en 1994, au sein de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) du CNRS, un **Programme de Recherche en Hydrologie** (PRH). Ce programme avait pour but de soutenir les recherches fondamentales portant sur les aspects des ressources et de la qualité des eaux continentales.

En 1996, le PRH est devenu **Programme National de Recherche en Hydrologie (PNRH)**. Ses principaux objectifs sont d'accroître les connaissances sur le fonctionnement des hydrosystèmes en situations paroxystiques (crues, inondations, sécheresses) afin de permettre le développement d'outils orientés vers l'alerte et la prévention des risques associés ; d'accroître la connaissance des mécanismes de pollution des sols et des eaux ; d'améliorer le fonctionnement des modèles de prévision climatique ; de mieux utiliser les informations produites par les satellites d'observation de la terre, et d'améliorer la faisabilité des modèles hydrologiques.

- UMR LISAH- Projet MOBHYDIC

Le texte adopté pour le projet PNRH MOBHYDIC vise à lever certaines contraintes limitant l'utilisation de modèles hydrologiques distribués intéressant les espaces cultivés sur des territoires de quelques dizaines à quelques centaines de km² ne bénéficiant pas de dispositifs expérimentaux lourds. Trois questions seront en particulier explorées :

- **Comment spatialiser à l'échelle sub-régionale les éléments d'origine anthropique et leurs propriétés ?** Deux éléments d'origine anthropique ayant un fort impact sur

les transferts d'eau et de polluants en milieu viticole méditerranéen seront particulièrement ciblés : les pratiques d'entretien du sol et les réseaux de fossés.

- **Dans quelle mesure les spatialisations élaborées à l'étape précédente peuvent-elles être utilisées pour paramétrer un modèle hydrologique distribué à l'échelle sub-régional?** Il s'agira d'étudier la propagation des erreurs de spatialisation de l'étape précédente vers les sorties du modèle hydrologique MHYDAS qui prend en compte explicitement les éléments anthropiques.
- **Comment valider une modélisation hydrologique distribuée en l'absence de dispositif hydrologique lourd ?** L'accent sera mis sur la mise en place de réseaux de mesures hydrologiques alternatives aux mesures de débitmétrie au moyen de systèmes de mesures simples et peu onéreux.

1.1.2. Problématique du stage

Les travaux menés au LISAH ont abouti, notamment, à la construction d'un modèle hydrologique distribué, MHYDAS. Pour qu'un tel modèle puisse fonctionner, des données spatialisées concernant les pratiques sont nécessaires. Le choix d'une base physique pour ce modèle a été dicté par la volonté de pouvoir extrapoler le modèle (Linsley, 1976) aux autres bassins versants agricoles méditerranéens.

Il est impossible d'obtenir des données exhaustives sur les pratiques d'entretien du sol par des approches directes lorsque des territoires importants sont considérés, puisque sur de telles surfaces, les enquêtes et suivis de terrain représentent des coûts d'investigation élevés. Par ailleurs l'utilisation de la télédétection ne peut pas être systématiquement envisagée du fait de ses limites techniques, notamment pour spatialiser les itinéraires techniques.

Une autre voie consiste à rechercher des indicateurs liés aux caractéristiques du milieu naturel, des exploitations et de leurs parcelles, de l'environnement socio-économique, pour estimer la diversité et la localisation probable des systèmes de culture. C'est sur la recherche de tels indicateurs, si possible géoréférençables, et sur l'évaluation de leur pouvoir de discrimination que se sont focalisées les études de M. Gal (2004) et Y. Boissieux (2005). Ces résultats seront exploités dans ce stage.

1.2. MODELISATION HYDROLOGIQUE EN MILIEU VITICOLE MEDITERRANEEN

Afin de mettre en oeuvre des actions de développement et de conseil, il est primordial de créer et de valider des outils de diagnostic à la parcelle de l'état du sol et d'étudier l'impact des pratiques culturales sur le sol (Chantelot, 1999) et surtout de pouvoir analyser les conséquences que représentent d'éventuels changements dans les pratiques culturales ou dans l'occupation du sol (Wassenaar, 2001).

Les échelles spatiales concernées, dans le cadre d'objectifs de gestion, d'aménagement et de protection des ressources en eau et en sol en zone cultivée, sont principalement celle de la parcelle agronomique et celle du bassin versant élémentaire (Andrieux *et al.*, 1993). Ce dernier peut être considéré comme une échelle de diagnostic en termes de qualité et de quantité d'eau, car c'est une unité d'espace où se forme la ressource en eau et où s'intègrent les variabilités du milieu et des processus (Wassenaar, 2001).

La basse et moyenne vallée d'un affluent de l'Hérault - La Peyne - a été sélectionnée comme secteur d'étude. A l'heure actuelle beaucoup d'informations ont été acquises sur le fonctionnement hydrologique d'un bassin élémentaire situé dans cette vallée et représentatif des sols de la moyenne vallée de l'Hérault, le bassin versant de Roujan. La modélisation du fonctionnement de ce bassin élémentaire (Moussa *et al.*, 2001), est fondée sur cette connaissance des phénomènes déterminant le devenir de l'eau.

1.2.1. L'approche de modélisation

Il existe plusieurs types de modélisation hydrologique variant en complexité et conçus dans des buts différents. Quel type est-il adapté aux objectifs décrits ci-dessus ?

1.2.1.1. Modélisation conceptuelle globale

Les modèles empiriques/conceptuels globaux constituent des modèles peu complexes. Ils permettent de prédire les flux en sortie d'un bassin versant en fonction de la pluviométrie (flux en entrée). Dans ce cas l'effet des grandeurs variables dans le temps et dans l'espace est paramétrisé de façon globale. Toutefois, ces modèles présentent des inconvénients majeurs car ils ne permettent pas d'analyser le comportement interne du bassin versant d'où des difficultés à reproduire le comportement réaliste d'un bassin ayant des hétérogénéités spatiales (Philip, 1980). De plus, ces modèles sont définis à partir d'équations ne pouvant être que des représentations approximatives de la réalité (Beven, 1989).

La modélisation du fonctionnement des systèmes hydrologiques a donc besoin d'informations précises, localisées dans le temps et dans l'espace.

1.2.1.2. Modélisation distribuée à base physique

Ces constatations et exigences sont à la base de la modélisation distribuée à bases physiques, un type de modèle opposé au modèle conceptuel global en termes de complexité. Ces modèles distribués et mécanistes sont basés sur la reconnaissance de la variabilité spatiale et temporelle de l'interaction entre les processus. Plusieurs groupes de facteurs contrôlant la variabilité spatio-temporelle des processus peuvent être identifiés (Ambroise, 1991) :

les conditions aux limites : échanges avec l'atmosphère ;

les conditions initiales : l'état hydrique du sol ;

les propriétés hydriques et hydrodynamiques des sols et de la végétation ;

les caractéristiques géométriques : topographie et morphométrie.

Il en résulte que les modèles physiques distribués (SHE, API, CREAMS, NWSFS, STORM, STANFORD, SSARR et NWSRFS) sont très complexes. Ils nécessitent beaucoup de données en entrée (Ambroise, 1991), d'autant plus que les unités sont de nature évolutive. Pour diminuer la complexité des modèles décrits précédemment, et, de cette façon, améliorer leur potentiel d'utilisation, un nouveau type de modélisation est en plein développement depuis une quinzaine d'années (e.g. TOPMODEL). On préserve à la fois l'aspect "fonctionnel", mais en simplifiant les modèles, en retenant uniquement les variables et paramètres pertinents, et l'aspect "spatialisé", en découpant l'espace en unités de fonctionnement relativement homogènes.

1.2.1.3. L'approche retenue

Le modèle MYDHAS développé à l'INRA-LISAH (Moussa et *al.*, 2001) appartient à ce dernier type, retenu pour les qualités évoquées ci-dessus. Le développement d'un nouveau modèle a été considéré nécessaire, d'une part en raison de problèmes et de limites à l'application (Ambroise, 1991) dans les modèles existants, et d'autre part en raison des spécificités du milieu agricole : l'espace découpé en parcelles de tailles variables soumises à différentes pratiques culturales et la présence d'un réseau de fossés très dense influençant leur comportement hydrologique (Le Forner et *al.*, 1999).

Malgré ce nouvel effort de modélisation, un certain nombre de simplifications reste nécessaire.

Les approximations spatiales sont moins fortes que celles de TOPMODEL (découpage systématique régulier), mais demeurent non négligeables. On s'appuie toujours sur un découpage de l'espace en éléments supposés homogènes. Mais ce découpage se fait à partir de critères fonctionnels, dans la mesure où l'on suppose que le fonctionnement hydrologique de la parcelle est homogène. Le maillage en profondeur est simplifié en unités de nappes.

1.3. METHODES DE SPATIALISATION DES PRATIQUES D'ENTRETIEN DU SOL

1.3.1. La télédétection

Jusqu'à ces dernières années, les seules observations disponibles pour paramétrer les modèles hydrologiques distribués étaient les relevés systématiques de terrain. Grâce à la télédétection spatiale, nous disposons depuis une vingtaine d'années d'observations spatialisées, offrant une couverture spatio-temporelle de plus en plus fine qui permet d'accéder à des variables de la surface importantes pour l'hydrologie. Malheureusement, plusieurs points font que l'utilisation de la télédétection n'est pas toujours faisable (Ottlé et *al.*, 2003).

Un premier obstacle au couplage de la télédétection et de la modélisation hydrologique ressort clairement des travaux de Pilesjö, 1992 ; Puech, 1993 et Viné, 1997 : le hiatus entre la sémantique de l'information fournie par télédétection et celle requise par les modèles reste important. Ceci semble pouvoir s'expliquer par :

- Une demande trop peu explicite de la part de la modélisation hydrologique, liée à la connaissance souvent faible du rôle hydrologique des états de surface (Viné, 1997) ;
- Une démarche de la part de la télédétection qui est trop orientée vers l'évaluation des capacités de reconnaissance d'un capteur ou d'un domaine électromagnétique donné, que vers une réponse aux besoins thématiques.

Le deuxième obstacle est celui de l'inadéquation entre les échelles d'espace ou de temps maîtrisées par les modèles et les paramètres accessibles par voie satellitale (Blanchard et *al.*, 1999).

Télédétection des vignes et des pratiques d'entretien du sol sous vigne

Il apparaît que la télédétection de l'état de la surface du sol sous vigne n'a jusqu'à il y a quelques années, jamais fait l'objet d'études. De nos jours, les travaux sont toujours extrêmement rares. Cela est sans doute lié aux caractéristiques principales de cultures comme la vigne, mais aussi comme l'olivier : la présence pérenne et le recouvrement spatialement discontinu et variable suivant la période du cycle végétal. Il en est de même pour la

télédétection des rangs et inter-rangs de vignes. Vu la résolution spatiale de l'information télédétectée qui est généralement peu appropriée, ces aspects rendent l'interprétation du signal radiométrique très difficile (Wassenaar, 2001).

L'utilisation de la télédétection à très haute résolution reste envisageable mais néanmoins très coûteuse, donc difficile d'application sur de grandes superficies. De plus la télédétection ne peut s'appliquer que pour des situations actuelles ou passées. Elles ne permettent pas la construction de scénarii pour le futur, base essentielle pour proposer des solutions aux problèmes environnementaux abordés.

Conclusion : Le besoin de données spatialisées sur les pratiques d'entretien du sol et les limites de la télédétection nécessitent la construction de modèles de répartition de pratiques stochastiques sous contraintes. Le travail de recherche présenté dans ce mémoire est de type méthodologique. Il a permis de mettre en place un modèle stochastique et de tester l'impact hydrologique de l'incertitude de répartition des pratiques.

1.3.2. Les modèles de spatialisation

Les changements d'occupation, d'utilisation des sols et de pratiques d'entretien du sol sont un facteur clé du développement durable (Lambin et *al.*, 2000). Ils modifient de façon significative les interactions terre-atmosphère et influencent la biodiversité, les cycles biogéochimiques, entraînant la dégradation de la qualité de l'eau, par exemple. Ils jouent également un rôle dans l'évolution des climats, comme le montrent les études évaluant l'impact des mutations d'usage des terres sur les modèles de circulation générale. Les effets des changements d'utilisation des sols sur les processus, les systèmes écologiques et sur les interactions terre-atmosphère sont désormais pris en compte dans les recherches menées sur le « Changement Global », notamment dans le cadre du programme IGBP (International Geosphere-Biosphere Program). Tout comme les modèles hydrologiques, les modèles de circulation atmosphérique générale requièrent des informations précises et spatialisées sur les changements de l'utilisation des sols (Sellers et al, 1997), ce qui nécessite de développer des méthodes permettant de cartographier les changements d'occupation des sols à l'échelle régionale (Programme LUCC, Land Use/Cover Changes, émanation des programmes IGBP/HDP).

Jusqu'à présent, il n'y a pas eu d'études sur la construction de modèles de spatialisation des pratiques d'entretien du sol mais surtout d'occupation du sol (Rounsevell et *al.*, 2003 ; Corgne, 2004).

L'approche régionale des dynamiques d'occupation du sol suppose la compréhension des processus de changement d'utilisation des sols, de leurs variations spatio-temporelles, et passe par la définition des facteurs humains et des facteurs du milieu qui produisent localement ces changements (Land Use/Cover Change Project – référence LUCC Science Plan). Ces derniers dépendent très fortement des modes d'utilisation des terres et des pratiques agricoles qui sont liés au contexte social, économique, politique et au milieu physique des espaces considérés.

Les données de télédétection sont de plus en plus fréquemment intégrées dans des processus de modélisation (Wassenaar et *al.*, 1999). Dans ce contexte, plusieurs programmes internationaux ont vu le jour, parmi ces programmes, on peut citer le « National Research Council » (NRC), « International Geosphere-Biosphere Program » (IGBP), « International Human Dimensions Program » (IHDP) et « Land Use/Cover Change Program » (LUCC) qui découle et dépend des deux derniers. Tous ces programmes insistent sur l'importance de caractériser et de modéliser les changements d'utilisation du sol et leurs dynamiques en relation avec l'étude des interactions Homme-Environnement (Lambin et *al.*, 2000). Les objectifs à atteindre sont donc multiples. Ils doivent notamment permettre le développement des bases de données d'occupation et d'utilisation du sol à différentes échelles d'analyse (continentale, régionale et locale). Ces programmes doivent également favoriser la compréhension des changements d'occupation du sol en relation avec des données socio-économiques, dans le but d'élaborer des modèles théoriques et des scénarii de simulation de l'évolution de l'occupation du sol. A ce niveau, des protocoles de validation et de reproductibilité des modèles doivent être mis en place pour évaluer la fiabilité des résultats. Enfin, une connexion de ces données avec d'autres modèles biophysiques devra permettre de qualifier et de quantifier le plus précisément possible l'impact de ces changements d'évolution d'occupation du sol sur des phénomènes environnementaux spécifiques, tels que la pollution des eaux, les processus biochimiques dans les sols, le climat, etc.

2. SITE D'ETUDE ET METHODES

2.1. ZONE D'ETUDE

2.1.1. Présentation du bassin versant de La Peyne

Le bassin versant de La Peyne (Fig. 1) est le support de notre étude. Situé dans le département de l'Hérault dans la moyenne vallée de l'Hérault, il représente une surface d'environ 75 km². Bien qu'il ne fasse pas l'objet d'un captage d'eau potable en aval, ce bassin a été choisi comme site expérimental, car il est représentatif d'un bassin versant viticole languedocien de par l'intensification des systèmes de culture, qui s'accompagne à présent de forts processus de pollution des eaux par les produits de traitement agricole. De plus, sa surface avoisine celle d'autres bassins versants de la région, où sont installés des captages d'eau.

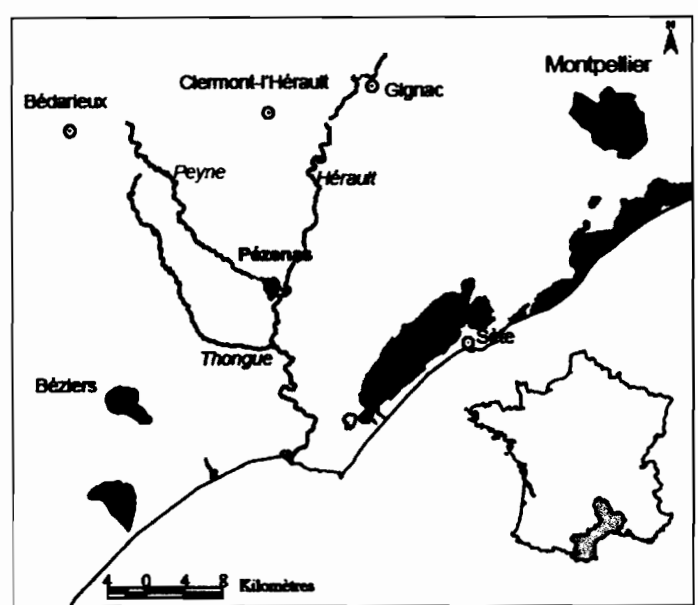


Figure 1 : Localisation de la région du Languedoc-Roussillon et du bassin versant de La Peyne.

2.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

2.2.1. Données géologiques et pédoclimatiques

La description des entités géologiques est basée sur la carte géologique (BRGM, 1977). La vallée de La Peyne est constituée de quatre grands types de substrat (Fig. 2) avec des origines, des compositions minéralogiques et des âges très distincts : les sédiments marneux du Miocène (origine marine avec la transgression helvétique, 10 millions d'années) ; les plateaux à dépôts caillouteux du Pliocène (influences continentales, 5 millions

d'années) ; les terrasses alluviales du Pléistocène moyen (activités des cours d'eau durant le Quaternaire, 0,5 millions d'années) et enfin les alluvions récentes.

L'altitude varie entre 20 et 130 mètres. Le bassin versant de La Peyne est composé de deux unités géomorphologiques principales :

- une partie basse (plaine alluviale et plateaux), en aval de Vailhan, concentrant l'essentiel du vignoble du bassin versant ;
- une partie haute plus accidentée, en amont de Vailhan, avec quelques défriches cultivées en vigne

❖ La partie basse se décompose en trois sous unités (Lagacherie, 2004):

- La plaine alluviale : elle se situe autour de Pézenas (plaine de l'Hérault) et au sud de Roujan et de Neffîès (vallée de La Peyne et ses affluents). Selon la carte pédologique au 100 000ème (Bonfils, 1993) (Fig. 3) : ces sols de cette unité sont essentiellement limoneux et argilo-calcaires, de profondeur moyenne à élevée. Les sols sont localement caillouteux à la faveur de l'apparition de terrasses d'alluvions plus anciennes et hydromorphes, avec des problèmes de portance, lorsqu'ils sont situés en position de dépression .
- Une zone assurant la transition entre la plaine et le plateau : les terrassettes. Cette zone présente des sols calcaires de texture légère, parfois graveleux et peu profonds.
- Les plateaux se situent sur les communes d'Alignan-du-Vent et de Caux. Ils présentent des sols généralement profonds, rouges sablo-argileux à argilo limono sableux, irrégulièrement caillouteux, parfois acides et pauvres en calcaire, lorsqu'ils sont situés sur les niveaux d'alluvionnement les plus lessivés (terrasses villafranchiennes).

❖ La partie haute du bassin se situe dans le massif de l'Espinouse sur les versants de la Montagne Noire et dans les fossés de Bédarieux et de Roujan. Les sols sont limono-sableux ou sablo-argileux, de profondeur moyenne à faible et avec des zones très caillouteuses.

Le climat est de type méditerranéen sub-humide. Il se caractérise par des saisons très contrastées avec une saison sèche prolongée très sèche, ponctuée d'averses de très fortes intensités, et un automne aux pluies abondantes. La pluviométrie annuelle est de 700 mm environ mais avec une forte variabilité interannuelle (Kessler et Chambraud, 1986).

L'évapotranspiration potentielle y est très importante avec une moyenne de 1000 mm due aux fortes températures, à la forte irradiation mais aussi à un vent souvent très fort.

La température maximale mensuelle est comprise entre 10°C en janvier et 30°C en juillet. Les fortes températures expliquent que la surface du sol ne se trouve que rarement et brièvement à l'état humide.

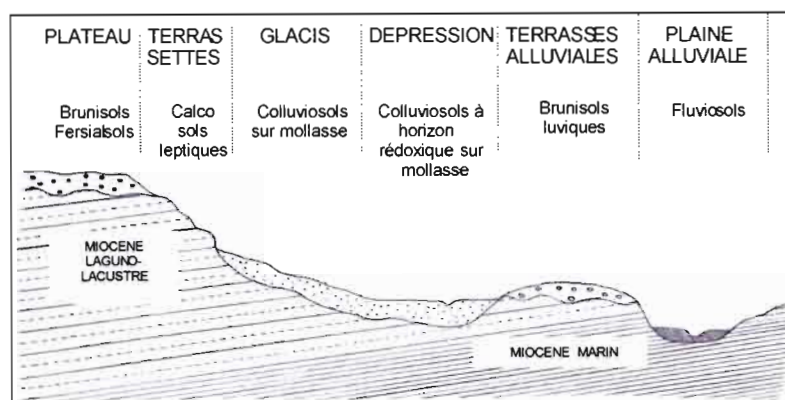


Figure 2 : Coupe géologique du bassin de La Peyne (Lagacherie et *al.* (2001), adaptée de Bonfils (1993)).

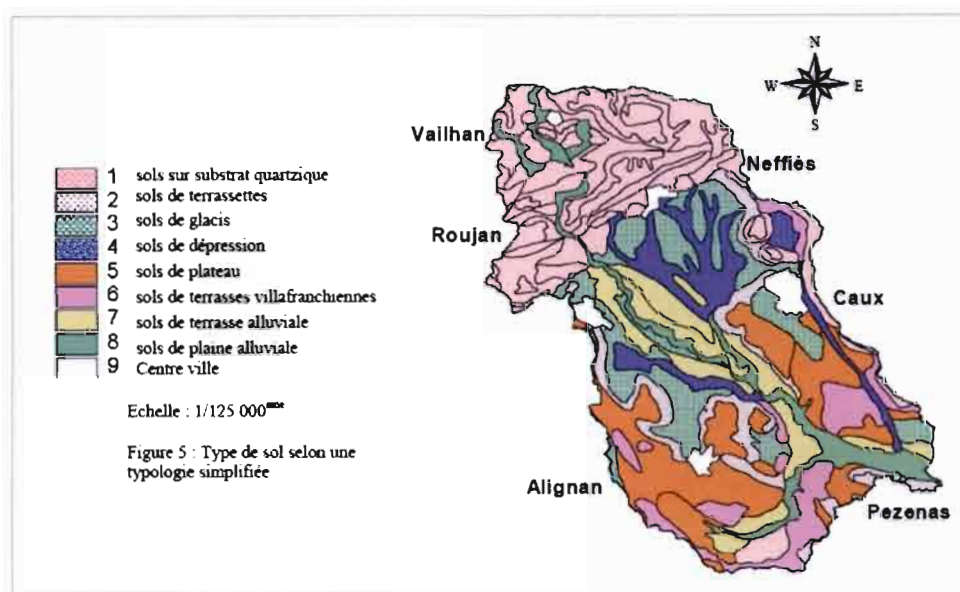


Figure 3 : Carte géomorphologique et pédologique de la basse vallée de La Peyne, adaptée de Bonfils 1/100.000 (1993).

2.2.2. Données hydrographiques

La description de l'hydrographie du bassin versant de La Peyne est basée sur la BD Topo de l'IGN. La Peyne représente le cours d'eau principal de la vallée, avec en amont le barrage des olivettes qui est un écreteur de crues.

La Peyne possède des affluents qui ne sont des ruisseaux que dans leurs parties terminales. En amont, ce n'est qu'un réseau de fossés qui a pour rôle essentiel d'évacuer l'eau de ruissellement lors de forts épisodes pluvieux, en concentrant les flux et en évitant les obstacles naturels. Cependant, contrairement au réseau hydrographique en milieu naturel, ce

dernier ne suit pas nécessairement la ligne de plus grande pente. Il agit par conséquent sur le cheminement de l'eau et donc sur les temps de transfert, soit en accélérant l'écoulement de surface si le fossé suit les plus grandes pentes, soit en ralentissant l'écoulement dans le cas contraire. A l'échelle du bassin versant élémentaire, l'analyse des événements de crue dans le bassin versant expérimental de Roujan sur la période 1992-1995 a montré que le temps de réponse du bassin (temps moyen entre le centre de gravité de la pluie efficace et le centre de gravité de l'histogramme de crue) est de 40 à 60 min (Voltz et *al.*, 1995). De plus comme le réseau de fossés est très dense et contourne la majorité des parcelles, le temps de transfert à la surface est très inférieur au temps de parcours dans le réseau de fossés (Voltz et *al.*, 1995).

En situation de nappes hautes (en général automne, hiver et parfois printemps), le réseau draine les nappes et assure ainsi un écoulement de base. En situation de nappes basses, il favorise la réalimentation des nappes par réinfiltration des eaux de ruissellement (Lagacherie et *al.*, 2004).

2.3. DONNEES AGRONOMIQUES

2.3.1. Les parcelles culturales

Une parcelle culturale est constituée d'une ou plusieurs parcelles contiguës qui présentent des caractéristiques parcellaires homogènes : largeurs d'inter-rangs, cépage... Pour le viticulteur, une parcelle culturale représente une unité de gestion, à l'intérieur de laquelle, une seule pratique culturale sera mise en oeuvre.

25 photos aériennes prises en 2001 ont été mises à notre disposition. Elles offrent une vue d'ensemble d'une partie du bassin versant de La Peyne et du parcellaire et permettent le repérage des parcelles culturales, notamment les parcelles de vigne. En tout 2111 parcelles ont été répertoriées, dont 1147 parcelles de vigne (Fig. 4).

Une parcelle culturale ne se superpose pas forcément à la parcelle cadastrale : elle peut regrouper plusieurs parcelles cadastrales ou inversement une parcelle cadastrale peut contenir plusieurs parcelles culturales. Un premier travail a donc été de modifier le plan cadastral en un plan cultural et d'attribuer à chacune des parcelles une occupation du sol.

Dans la suite de l'exposé et dans un souci de simplicité nous confondrons les termes parcelles et parcelles culturales (Fig. 5).

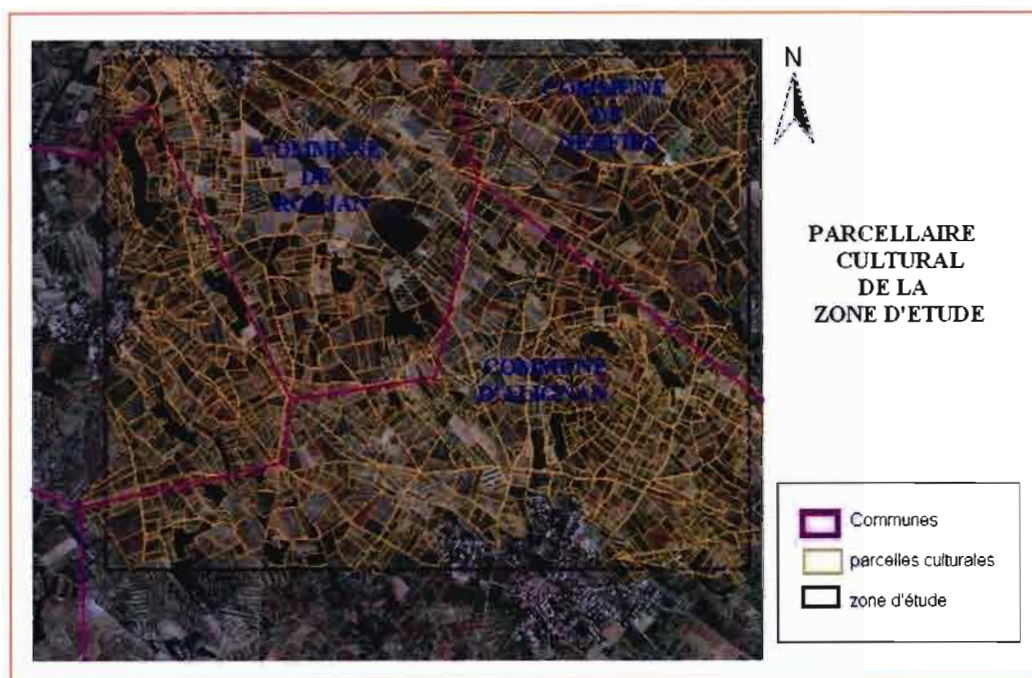


Figure 4 : Parcellaire cultural digitalisé de notre zone d'étude (contour noir).

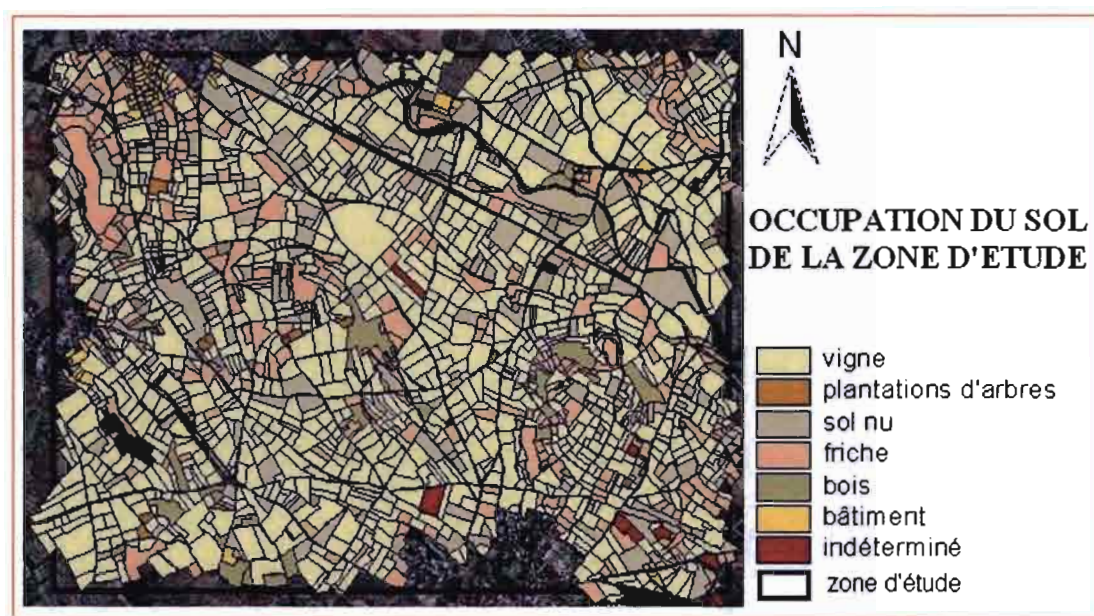


Figure 5 : Occupation du sol au niveau des parcelles digitalisées de notre zone d'étude.

2.3.2. *Pratiques d'entretien du sol*

Un premier jeu de données a été recueilli à l'échelle du bassin versant de La Peyne au cours du printemps 2004 (Gal, 2004). L'échantillon comprend 46 exploitations : il représente 851 parcelles en vigne sur le bassin, soit 873 ha. La superficie totale enquêtée s'élève à 1015 ha (parcelles en vigne ou non, localisées ou non dans le bassin de La Peyne).

Les exploitations ont été sélectionnées par un tirage aléatoire de parcelles situées le long de cinq transects. Cette méthode basée sur une sélection de parcelles permet de ne pas trop favoriser les petites exploitations dans l'échantillon. En effet, leur nombre aurait été beaucoup plus important dans le cas d'un tirage sur une liste d'agriculteurs.

Les principales communes enquêtées sont : Alignan-du-Vent, Caux, Neffiès, Roujan et Vailhan. Elles se répartissent sur les deux rives de La Peyne :

- rive gauche : Alignan-du-Vent, Roujan ;
- rive droite : Caux, Neffiès et Vailhan.

Depuis, 19 nouvelles enquêtes ont été réalisées (Boissieux, 2005). Le tableau 1 présente leur répartition communale :

	Commune dominante du vignoble						
	Alignan du vent	Caux	Margon	Pézenas	Roujan	Tourbes	Total
Nombre d'enquêtes réalisées	2	5	1	3	4	4	19

Tableau 1: Répartition des enquêtes 2005 selon la commune dominante du vignoble.

Au total, 19 exploitations ont été enquêtées en 2005 (Fig. 6), représentant 378 ha de vignoble (378 parcelles en vigne).

In fine, la base de données qui a été constituée concerne 1007 parcelles géoréférencées, localisées dans la vallée de La Peyne et représentant une surface de 989 ha (soit environ 20 % la superficie en vigne de La Peyne), sélectionnées par tirage aléatoire d'une parcelle sur le cadastre de chacune des 65 exploitations de l'échantillon enquêté.

Pour chacune des parcelles enquêtées, sont connus :

- L'exploitation de rattachement ;
- Des paramètres agronomiques ;
- Le mode de conduite ;
- Les inter-rangs ;
- Commune dominante du vignoble de l'exploitation ;
- La superficie ;
- L'âge de la vigne, ainsi que son âge ;
- La pratique d'entretien du sol...

La caractérisation des pratiques d'entretien du sol a été réalisée sur la base des connaissances acquises antérieurement. Quatre types de pratiques ont été différenciées, visant à rendre compte d'intensités différentes d'utilisation d'herbicides et d'évolutions potentiellement contrastées des états de surface du sol au cours de l'année.

Les pratiques retenues sont :

- P1 = tous les inter-rangs (IR) entretenus quasi exclusivement par désherbage chimique ;
- P2 = alternance d'IR entretenus par travail du sol et d'IR entretenus par désherbage chimique ;
- P34 = alternance d'IR entretenus par travail du sol et d'IR enherbés ;
- P56 = tous les IR sont essentiellement entretenus par travail du sol.

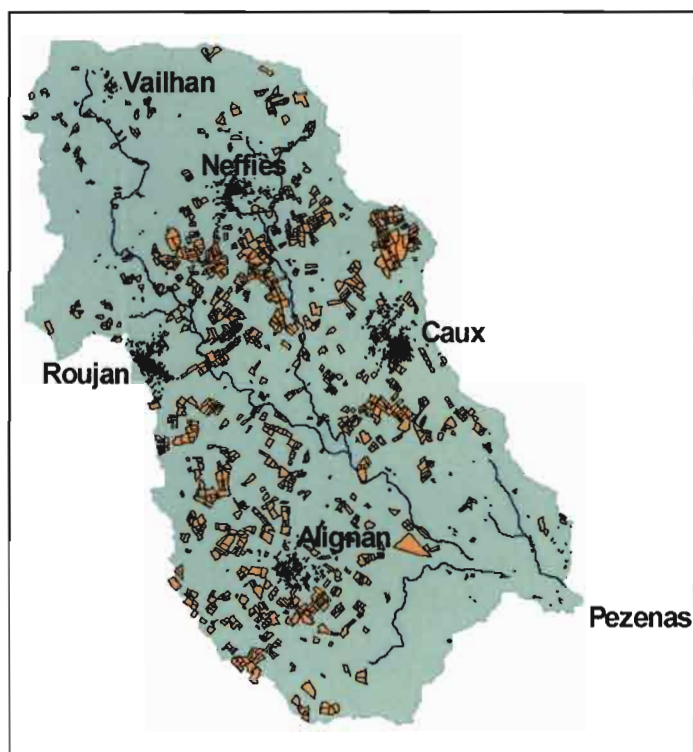


Figure 6 : Parcelles enquêtées dans le bassin de La Peyne.

3. MODELISATION SPATIALISEE DES PRATIQUES

Le paramétrage du modèle hydrologique que représente MHYDAS suppose l'existence d'une bonne représentation des pratiques d'entretien du sol et de leur localisation. En l'absence de données exhaustives sur les 2111 parcelles de notre zone d'étude (cf: 3.3

données agronomiques), l'approche adoptée est basée sur l'affectation de pratiques conditionnelles selon deux méthodes.

3.1.1. Distributions aléatoires des pratiques d'entretien du sol

Il s'agit, dans cette méthode, de créer des distributions aléatoires de pratiques respectant la distribution des pratiques de l'échantillon des 1007 parcelles ayant servi au traitement des données pour la création d'un modèle de prédiction des pratiques. Pour cela, on a besoin de calculer la distribution des pratiques. Le tableau 2 indique les pourcentages de superficie des différentes pratiques (variable ITK3) prises en compte sur les 1007 parcelles enquêtées.

ITK3 (variable de répartition des pratiques)	superficie des parcelles	% des parcelles
P1	139,14	14,07
P2	188,85	19,09
P34	175,41	17,73
P56	485,74	49,11
Total	989,14	

Tableau 2 : Distribution des pratiques d'entretien du sol au sein des 1007 parcelles enquêtées.

3.1.2. Distributions aléatoires des indicateurs de pratiques d'entretien du sol

Pour cette méthode, on va créer des distributions aléatoires de pratiques en utilisant un modèle de prédiction des pratiques (Biarnès et *al.*, article en cours). Pour cela on va générer des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques utilisés par le modèle.

L'étude qui a été menée s'appuie sur l'obtention, par enquêtes, d'un jeu de données localisées sur les pratiques et sur la recherche - à partir d'une analyse des déterminants des pratiques - d'indicateurs indirects facilement spatialisables de ces dernières (Fig. 7).

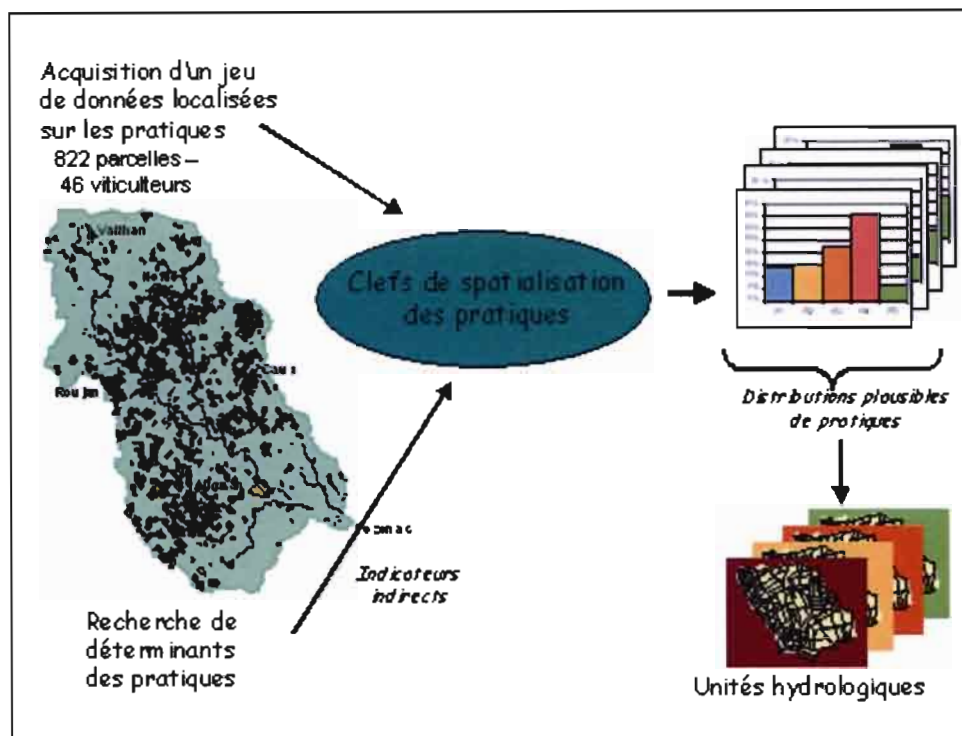


Figure 7: Principes de la spatialisation des pratiques.

La sélection des variables explicatives a été orientée par la bibliographie et une étude exploratoire. Trois groupes de variables ont été différenciés, correspondant à trois niveaux potentiels d'organisation spatiale de la diversité des pratiques à l'échelle d'un méso-bassin agricole :

- Le niveau parcellaire qui regroupe des contraintes liées au milieu naturel et aux caractéristiques propres des parcelles ;
- Le territoire de l'exploitation sur lequel s'appliquent les choix techniques liés aux caractéristiques structurelles et d'orientation productive des exploitations ;
- L'environnement socio-économique de l'exploitation.

Une hypothèse est émise (Biarnès et *al.*, article en cours de rédaction) que ce dernier niveau pouvait être grossièrement appréhendé par le biais de la commune sur laquelle sont situées les parcelles de l'exploitation et par le lieu principal de vinification du raisin de l'exploitation (cave coopérative, dont le bassin d'approvisionnement recoupe en grande partie celui de la commune, ou cave privée). Au total, des données ont été collectées sur 23 variables explicatives réparties entre six variables parcellaires, 13 variables d'exploitation, deux variables représentant l'environnement socioprofessionnel de l'exploitation.

o Analyse des relations entre les pratiques et les variables explicatives

Cette analyse a été réalisée par des traitements statistiques. Elle a été mise en oeuvre en deux étapes :

- la première étape (les enquêtes menées par Gal, 2004 et Boissieux, 2005) visait deux objectifs : sélectionner les variables explicatives les mieux corrélées aux pratiques d'entretien du sol ; préparer la deuxième étape de l'analyse, en ne gardant pour chaque groupe de variables qu'un petit nombre de variables explicatives non corrélées entre elles. Trois variables parcellaires ont été conservées (TA : type de taille, SOL 3 : type de sol ; IR : largeur des écartements des inter-rangs de vigne) ; trois variables d'exploitation (SUPV : superficie totale en vigne de l'exploitation ; OCV : % de superficie en cépages aromatiques ; VDP : % d'hectolitres produits en Vin de Pays) ; une variable caractérisant l'environnement socio-professionnel (commune d'appartenance des parcelles). Cette étape a été réalisée à l'aide d'analyses multivariées : ACM pour les variables qualitatives parcellaires et d'environnement socioprofessionnel et ACP pour les variables quantitatives d'exploitation.
- la deuxième étape, réalisée en 2005 (Biarnès et *al.*, article en cours de rédaction), visait à évaluer le pouvoir de discrimination des pratiques d'entretien du sol de chacun des groupes de variables et de leurs différentes combinaisons. Pour cela, on a utilisé une méthode de segmentation basée sur l'utilisation d'arbres de classification (algorithme CART) appliquée à différents jeux de variables.

Principaux résultats

Les données d'enquête ont clairement montré que les pratiques d'entretien du sol ne sont pas réparties aléatoirement dans l'espace, ce qui a permis de justifier a posteriori la question posée par la recherche. Notamment, le fait qu'une forte différenciation des pratiques d'entretien du sol existe entre les deux rives de La Peyne.

Les résultats des différents traitements statistiques ont mis en évidence que l'on peut effectivement trouver des indicateurs des pratiques d'entretien du sol et que lorsque l'on utilise le bon jeu d'indicateurs, le taux de prédiction à l'aide d'arbres de décision (algorithme CART) des pratiques mises en oeuvre dans les parcelles est très bon (80% des parcelles bien classées, cf. Fig. 8). Ces résultats montrent également que :

- Les variables d'exploitation sont les plus efficaces pour discriminer les pratiques, ce qui est en accord avec la littérature agro-économique ;

- Du fait de l'existence de contraintes parcellaires fortes, la performance des arbres de classification est augmentée, lorsque les variables d'exploitation sont combinées aux variables parcellaires ;
- La variable d'environnement socioprofessionnel (appartenance communale des parcelles) est partiellement redondante avec les variables d'exploitation, ce qui s'explique par le fait que les exploitations sont en partie structurées par leur environnement. A défaut, la variable « appartenance communale de la parcelle » peut remplacer les variables d'exploitation. Toutefois, la discrimination des pratiques est alors moins bonne et les erreurs sont mal réparties dans l'espace.

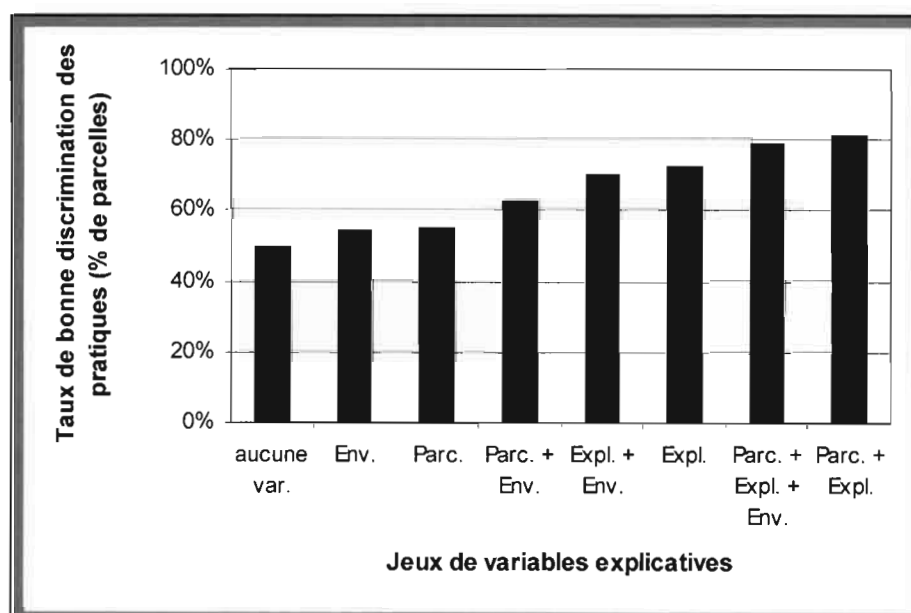


Figure 8: Pourcentage global de parcelles dont les pratiques sont bien discriminées en fonction du jeu de variables utilisées. (Var : variable, Env : environnementale, Parc : parcellaire, Expl : exploitations).

Ces résultats permettent d'établir un cahier des charges de recherche ultérieures visant à construire un modèle de représentation de la distribution spatiale des pratiques d'entretien du sol à l'échelle de la vallée de La Peyne, et, plus généralement, des pratiques agricoles sur un territoire rural, et ce, avec une résolution parcellaire. Ce cahier des charges comprend notamment la mise au point de procédures permettant d'affecter à l'ensemble des parcelles de la zone considérée, une valeur pour chacun des indicateurs de pratique.

Une première façon de faire est d'affecter aléatoirement des valeurs pour ces variables en respectant la répartition des valeurs prises par ces variables dans l'échantillon des 1007 parcelles enquêtées. C'est la méthode que nous allons utiliser.

L'arbre de décision utilisé (Fig. 9) est un arbre créé à partir du jeu des variables les plus performantes (celui qui combine des variables parcellaires et des variables d'exploitation). Parmi les 1000 arbres créés avec ce jeu de variables on a sélectionné au hasard un arbre représentatif du taux moyen de bon classement des pratiques obtenues avec ce jeu de variables.

Cet arbre mobilise 5 variables (1 variable qualitative et 4 variables quantitatives) :

- Deux variables caractérisant la parcelle (TA = type de taille (c'est la variable qualitative) et IR = largeur des inter-rangs) ;
- Trois variables caractérisant l'exploitation à laquelle la parcelle appartient (SUPV = superficie du vignoble, OCV = pourcentage de superficie en cépages aromatiques, VDP= pourcentage de la production de vin en Vin de Pays).

Le modèle de prédiction prédit les pratiques en fonction du type de taille et de valeurs seuils prises par ces 4 variables quantitatives (Tableau 3). On a donc besoin de connaître la distribution des valeurs de ces variables par rapport à chacun des seuils pertinents pour le modèle

Il faut pour cela calculer:

- La répartition des types de taille (variable TA) en pourcentage de superficie ;
- Les pourcentages de superficie pour les valeurs des variables quantitatives suivantes.

Variables quantitatives pertinentes pour le modèle de prédiction	Code Variable	Seuils pertinents pour le modèle de prédiction								
Largeur d'inter-rangs (m)	IR	< 1.775								
Superficie du vignoble de l'exploitation (ha)	SUPV	<34.475	<28.005	<13.44						
% de superficie du vignoble de l'exploitation en cépage aromatique	OCV	<78.73	<75.275	<66.46	< 64.81	<62.905	<62.40	<56.97	<52.785	<39.345
% d'hl produits en Vin de Pays par exploitation	VDP	< 98.00	< 96.5	<87.50	< 84.5	< 68.00	<67.5	<44.00		

Tableau 3 : Seuils pertinents des variables prise en compte dans le modèle de prédiction.

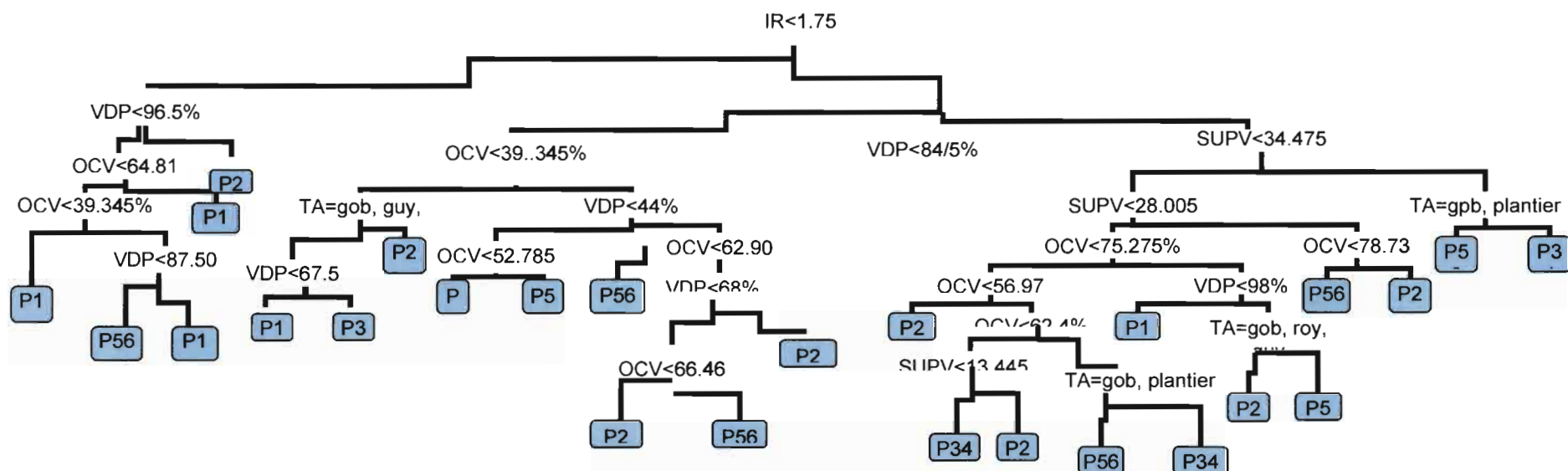


Figure 9 : Arbre de décision utilisé pour la prédiction des pratiques d'entretien du sol.

3.1.3. Analyse de la répartition spatiale des exploitations

La construction d'un modèle de distribution des pratiques d'entretien du sol sur vignoble étant inévitable pour étudier l'impact hydrologique des pratiques agricoles, il est indispensable de fournir une estimation exhaustive, sur une partie du bassin versant de La Peyne, des types de pratiques en tenant compte des données recueillies à partir des enquêtes sur le terrain, des relations déterminants-pratiques et des indicateurs de pratiques estimés par la télédétection.

❖ Hypothèse émise

Un premier pas vers la construction de ce modèle est de voir si l'appartenance d'une parcelle de vigne à une exploitation dont les caractéristiques sont identifiées peut être un indicateur de pratique. La méthodologie à suivre a été de décrire les 65 exploitations enquêtées (Gal, 2004 et Boissieux, 2005) et d'essayer d'en extraire une typologie (exploitations à parcelles éclatées, regroupées en îlots ou encore alignées...).

Pour ce faire, on a fourni des indices comme le nombre de parcelles, les surfaces des exploitations, des indices qui caractérisent les "formes" des exploitations comme le centre de gravité des parcelles, la dispersion spatiale des parcelles par rapport au "centre" de l'exploitation (on a considéré que les centres des exploitations étaient assimilables aux centres des communes dominantes des exploitations respectives).

❖ Traitement des données

En raison de données manquantes sur les coordonnées des parcelles de certaines exploitations et de l'existence de très petites exploitations (4 à 5 parcelles de vigne) ne permettant pas de calculer un nombre significatif de distances entre parcelles et entre parcelles et exploitation, seules 50 exploitations ont été prises en compte sur les 65 enquêtées. Les distances entre les parcelles d'une même exploitation et les distances entre toutes les parcelles d'une même exploitation et le siège auquel elles sont rattachées ont été calculées à l'aide du logiciel Arc View.

Les indicateurs spatiaux (variables) suivants ont donc été calculés (*Cf. Annexe I*) pour les 50 exploitations (individus) en question :

- Mpp: distance moyenne entre deux parcelles (d'une même exploitation) ;
- Dpp: écart-type entre deux parcelles (d'une même exploitation) ;
- Intmin: distance minimale entre deux parcelles (d'une même exploitation) ;

- Intmax: distance maximale entre deux parcelles (d'une même exploitation) ;
- Int50: distance entre deux parcelles médiane (idem) ;
- Int75: quartile (75) entre deux parcelles(idem) ;
- Msp: distance moyenne entre le siège de l'exploitation et les parcelles ;
- Dsp: écart-type entre le siège de l'exploitation et les parcelles ;
- Dmin: distance minimale entre le siège de l'exploitation et les parcelles ;
- Dmax: distance maximale entre le siège de l'exploitation et les parcelles.

❖ Analyse statistique des données

Pour que les outils statistiques s'inscrivent bien dans le cadre de l'étude, ils doivent répondre essentiellement à un objectif défini par la problématique qui est de mettre en évidence des indicateurs spatiaux. La méthode employée devra mettre en évidence les indicateurs les plus pertinents parmi ceux qu'on a présélectionné lors des hypothèses. L'outil statistique le mieux adapté est l'analyse en composantes principales (ACP).

Il s'agit d'une méthode d'analyse multivariée : elle recouvre un ensemble de méthodes destinées à synthétiser l'information issue de plusieurs variables.

Le tableau de départ de l'ACP comporte les individus en ligne et les variables en colonne, avec, dans chaque case, la réponse numérique de l'individu à la question correspondante. L'ACP permet d'obtenir une cartographie intéressante, qui regroupe les exploitations selon tous les critères retenus, qui sont dans notre cas les variables indiquées dans l'annexe 1.

3.2. LA MODELISATION PAR MHYDAS

Le modèle MHYDAS (Modélisation Hydrologique Distribuée des AgroSystèmes) développé afin de comprendre et de simuler les processus de transfert d'eau en milieu agricole est un modèle événementiel de crue. Une description détaillée de la structure du modèle ainsi qu'une application sur le bassin versant expérimental de Roujan (Fig. 10) sont présentées dans Moussa et *al.*, 2002.

Ce modèle s'appuie sur les processus étudiés et mesurés grâce à l'observatoire OMERE (Observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau) et à la plateforme de modélisation du LISAH (bibliothèque de fonctions hydrologiques Matlab).

Les simulations ont été réalisées pour l'événement de crue observé le 5 juin 1997. A cette date ont été observés :

- Les intensités de pluie en trois points du bassin ;
- Les débits et concentrations en diuron aux exutoires d'une parcelle de vigne en désherbage chimique intégral, d'une parcelle de vigne en désherbage mixte et du bassin ;
- Les humidités de surface du sol pour chaque unité de surface hydrologique (UHS) avant l'événement ;
- Les niveaux et les concentrations en diuron des UHSo avant l'événement.

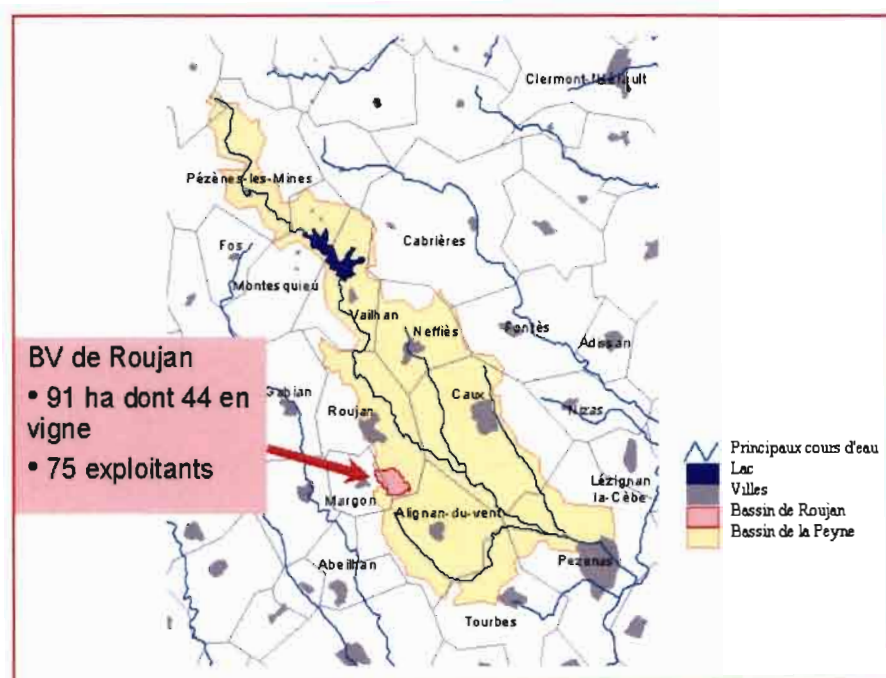


Figure 10 : Localisation du bassin élémentaire de Roujan dans le bassin versant de La Peyne.

3.2.1. Paramétrisation de MHYDAS

MHYDAS englobe plusieurs modules hydrologiques dont l'utilisation nécessite des paramètres, des variables d'entrée et des conditions initiales qui devront être déterminés sur chaque unité hydrologique, chaque tronçon et chaque unité de nappe. Le tableau 4 résume pour chacune de ces entités la liste des paramètres nécessaires. Différentes sources de données sont nécessaires pour alimenter MHYDAS :

- Les *Modèles Numériques de Terrain* (MNT), afin de calculer automatiquement les caractéristiques géométriques des unités hydrologiques (aire, pente, distance entre unités, distance au réseau hydrographique), des tronçons (longueur, pente) et des unités de nappe (aire). Ils permettent aussi d'identifier les relations topologiques amont-aval et les connexions entre unités hydrologiques, tronçons et unités de nappe.

- Des *données cartographiques* sur le sol et le sous-sol, ainsi que des observations in-situ ou de dires d'experts, afin d'estimer certaines propriétés hydrodynamiques des sols des unités hydrologiques et des unités de nappe.
- Les caractéristiques géométriques mesurées ou estimées *des tronçons* (largeur, profondeur, rugosité), et les rugosités mesurées ou estimées des unités hydrologiques.
- Les *mesures pluviométriques*, piézométriques, d'humidité de la couche de surface du sol et le niveau initial des nappes, afin de définir les conditions initiales et atmosphériques.

a. Sur chaque unité hydrologique U

Paramètre	Unité	
Caractéristiques topologiques		
N_{aq}		Numéro de l'aquifère dans lequel se déverse l'unité U
N_{uh} ou N_t		Numéro de l'unité hydrologique (N_{uh}) ou du tronçon (N_t) aval dans lequel se déverse l'unité U - N_{uh} : si U se déverse à l'aval dans une autre unité hydrologique : - N_t : si U se déverse à l'aval dans un tronçon.
O_{UH}		Ordre de parcours selon Strahler des unités hydrologiques de l'amont jusqu'au réseau hydrographique
Caractéristiques géométriques		
A	$[L^2]$	Aire de l'unité
d	$[L]$	Distance entre le centre de gravité de l'unité hydrologique et : - soit le centre de gravité de l'unité hydrologique en aval si elle existe ; - soit le tronçon du réseau hydrographique dans lequel l'unité hydrologique se déverse.
S	$[L.L^{-1}]$	Pente moyenne de l'unité hydrologique
n		Coefficient de Manning de rugosité de la surface
Propriétés hydrodynamiques de la couche de surface du sol		
K_s	$[L.T^{-1}]$	Conductivité hydraulique à saturation
θ_r	$[L^3.L^{-3}]$	Teneur en eau à saturation
θ_s	$[L^3.L^{-3}]$	Teneur en eau résiduelle
H_c	$[L]$	Succion capillaire
Variables d'entrée		
$P(t)$	$[L.T^{-1}]$	HyétoGramme de pluie affecté à l'unité hydrologique
Conditions initiales		
θ_i	$[L^3.L^{-3}]$	Teneur en eau initiale

b. Sur chaque tronçon T du réseau hydrographique

Paramètre	Unité	
Caractéristiques topologiques		
N_{am}		Numéro des tronçons amonts
N_{av}		Numéro du tronçon aval
N_a		Numéro de l'aquifère avec lequel le tronçon échange
O_t		Ordre de parcours selon Strahler des tronçons du réseau hydrographique d'amont vers l'aval.
Caractéristiques géographiques		
L	$[L]$	Longueur du tronçon
n		Rugosité de Manning
S	$[L.L^{-1}]$	Pente du tronçon
W	$[L]$	Largeur du tronçon
Z_t	$[L]$	Profondeur du tronçon
Coefficients d'échange		
Ce_1	$[T^{-1}]$	Coefficient d'échange dans le cas où le niveau de la nappe est supérieur au fond du tronçon
Ce_2	$[T^{-1}]$	Coefficient d'échange dans le cas où le niveau de la nappe est inférieur au fond du tronçon

c. Sur chaque unité de nappe Aq

Paramètre	Unité	
Caractéristiques topologiques		
O_a		Ordre de parcours selon Strahler des unités de nappe d'amont vers l'aval.
Caractéristiques géographiques		
A_a	$[L^2]$	Aire de l'aquifère
Propriétés de l'aquifère		
η	$[L^3.L^{-3}]$	Porosité de drainage de l'aquifère
Conditions initiales		
$Z_m(0)$	$[L]$	Profondeur initiale de la nappe à l'instant $t = 0$ par rapport à la surface du sol.

Tableau 4: Paramètres nécessaires au modèle MHYDAS (d'après Chahinian N., 2004).

A chaque pas de temps, MHYDAS permet de simuler les différents termes du bilan hydrologique pour :

- Chaque unité hydrologique : l'hydrogramme à la sortie et la lame infiltrée.
- Chaque tronçon : l'hydrogramme d'entrée, l'hydrogramme de sortie, l'hydrogramme de ruissellement de surface en provenance des unités hydrologiques latérales et le flux échangé entre le cours d'eau et la nappe.
- Chaque unité de nappe : la lame infiltrée, la variation de niveau, le flux échangé entre les unités de nappe et les flux échangés avec les tronçons.

Afin d'utiliser MHYDAS, il faudra connaître les paramètres sur toutes les unités et tous les tronçons. Or, répéter des mesures en chaque point du bassin est coûteux en temps et en matériel, une procédure de spatialisation devra donc être utilisée. Par ailleurs, un nombre limité de paramètres sera retenu pour le calage. On distingue :

- Les paramètres fixes : les caractéristiques géométriques et topologiques des unités hydrologiques, des unités de nappe et des tronçons, la porosité de la nappe, les conditions initiales d'humidité de surface et le niveau initial de la nappe.
- Les paramètres à spatialiser : les propriétés hydrodynamiques de la surface du sol.
- Les paramètres à caler à l'échelle du bassin versant sont : les coefficients d'infiltrabilité du sol (K_s), C_t (paramètre représentant une célérité moyenne sur les tronçons $[L.T^{-1}]$), $Ce1$ et $Ce2$.

Les K_s dépendent essentiellement des états de surface du sol, eux-mêmes déterminés à partir de pratiques d'entretien du sol. A partir de mesures de terrain et de dires d'experts, la correspondance du tableau 5 a été proposée :

Occupation du sol	Travail du sol	Ks (mm/h)	Ks (m/s)
Arboriculture, Asperge, Luzerne, Céréales, Friches, Garrigues et Jachère.		35	0.0000097
Vigne arrachée		18	0.0000050
Bâti		1	0.0000002
Lagune		80	0.0000222
Maraîchage		18	0.0000050
Plantier	0	7.5	0.0000020
Plantier	1	18	0.0000050
Vigne palissée ou en gobelet	0	7.5	0.0000020
Vigne palissée ou en gobelet	1	18	0.0000050

Tableau 5 : Valeurs du coefficient d'infiltrabilité (Ks) utilisées pour le calage du modèle MHYDAS.

3.2.2. Calage du modèle sur un événement clé

Cette étape a pour but de paramétrer le modèle de façon à ce qu'il simule un hydrogramme de sortie qui coïncide le plus avec l'hydrogramme observé.

La calibration hydrologique du modèle a été réalisée sur l'événement pluvieux du 5 juin 1997. Le calage du modèle a été réalisé en trois étapes.

3.2.2.1. Calage de la fonction de production sur les parcelles

Le calage de la fonction de production est réalisé à l'aide de deux parcelles de référence, l'une labourée (aw54), l'une désherbée chimiquement (aw6).

La première étape consiste à étalonner la quantité d'eau qui va ruisseler sur chaque parcelle suite à un événement pluvieux. C'est la capacité d'infiltration (K_s) du sol et sa teneur en eau initiale (θ_i) qui déterminent l'infiltration maximum du sol, et par conséquent le volume de pluie qui va ruisseler (Ruissellement Hortonien). Les teneurs en eaux résiduelles (θ_r) et à saturation (θ_s) sont considérées comme constantes sur l'ensemble du bassin versant, avec comme valeur par défaut celles issues des travaux de thèse de CHAHINIAN N. (2004).

La célérité de l'onde sur les parcelles (C) et le coefficient de Manning (n) (équivalent à la diffusivité) permettent de modifier la forme de l'hydrogramme en sortie de parcelles.

Le K_s est ajusté pour obtenir une lame d'eau écoulée en sortie de parcelle conforme à celle mesurée.

Des travaux en cours visent à établir un modèle d'évolution des états de surface et des K_s associés. Une fois aboutis, ils permettront d'affecter le K_s (et non plus de l'ajuster) pour tout événement de pluie.

Pour les parcelles autres que labourées ou désherbées chimiquement (jachère, bois, céréales), nous avons reconduit les paramètres établis par Chaninian (2004) en considérant qu'ils étaient stables dans le temps.

Ce calage manuel permet de simuler des hydrogrammes, en sortie de parcelles, superposables aux hydrogrammes mesurés de référence (coefficients de Nash de 0,7). On détermine ainsi la quantité d'eau totale qui va atteindre les biefs.

3.2.2.2. Calage de la fonction d'échange

En condition de nappes basses, une partie de l'eau ruisselée va être réinfiltrée au niveau des fossés. L'objectif de cette étape est donc de quantifier le pourcentage d'eau qui n'atteindra pas l'exutoire. L'infiltrabilité de l'eau au niveau des fossés (K_s tronçon) est fixée sur l'ensemble du réseau hydrographique. On cale alors globalement la fonction d'échange (paramètre C_{e2}) de façon à ce que le volume calculé à l'exutoire soit égal au volume observé.

En condition de nappes hautes, quand le niveau des nappes est supérieur au fond des fossés, une partie de l'eau des nappes se déverse dans les fossés. C'est le paramètre d'exfiltration C_{e1} que l'on devrait alors caler pour quantifier ce phénomène (non réalisé dans cette étude.).

3.2.2.3. Calage de la fonction de transfert réseau

La fonction de transfert permet de régler les paramètres de transfert hydrologique à travers le réseau de biefs. On cale ainsi la célérité de l'onde diffusante à travers le réseau et sa diffusivité (à l'aide du coefficient de Manning η) afin de superposer les pics de crue calculés et observés.

3.2.2.4. Bilan des paramètres calés

Le modèle a été calibré sur les volumes d'eau et les pics de crue. (Cf. Annexe 2). Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des paramètres de calage de MHYDAS de l'événement du 5 juin 1997.

Fonction de production	
<i>Paramètres</i>	<i>Valeurs</i>
C_{UH} en m/s	0.045
D_{UH} en m ² /s	500
θ_r	0.02
θ_s	0.36
Fonction de transfert	
<i>Paramètres</i>	<i>Valeurs</i>
C_{TR} en m/s	0.70
D_{TR} en m ² /s	500
η	0.2
Fonction d'échange	
<i>Paramètres</i>	<i>Valeurs</i>
C_{e1}	1
C_{e2}	0.025
K_{STR} en mm/s	1.05

Tableau 6: Récapitulatif des paramètres calés.

3.2.3. Calcul de la capacité d'infiltration K_s correspondant aux pratiques d'entretien P2 et P34

Seules les parcelles appartenant au bassin de Roujan ont été prises en compte pour les simulations de MHYDAS. Pour toutes les parcelles autres que celles de vigne, on a pris les K_s cités dans le paragraphe 3.5.1. Les K_s utilisés sur les parcelles de vigne sont ceux qui correspondent à la subdivision faite précédemment pour les pratiques (P1, P2, P34 et P56).

Pour les parcelles dont les inter-rangs sont entretenus par alternance de deux pratiques (P2 et P34), on a émis l'hypothèse d'un **K_s équivalent**. Pour ce faire, on a considéré que le volume d'eau ruisselé sur une parcelle dont la pratique d'entretien du sol est alternée serait la somme des volumes de l'eau ruisselée sur deux demi-parcelles entretenues chacune par une seule pratique. Les K_s équivalents des parcelles de vigne, dont les pratiques d'entretien du sol sont P2 et P34 ont donc été calculés par interpolation à partir de la courbe $K_s=f(V_{cal})$, avec V_{cal} : le volume d'eau calculé par simulation d'une crue avec MHYDAS (Tableau 7).

A partir de la courbe $K_s = f(V_{calc})$ on a donc tiré $K_s=13$ mm/h pour P2 et $K_s=21.5$ mm/h pour P34 (Fig. 11).

<i>Pratique d'entretien</i>	<i>V_{calc} (m³)</i>	<i>K_s (mm/h)</i>	<i>K_s (m/s)</i>
Entièrement enherbé	1.31	25	0.0000069
Arboriculture, Asperge, Luzerne...	0.23	35	0.0000097
Vigne arrachée	2.88	18	0.0000050
Bâti	36.9	1	0.0000002
Lagune	$0.34 \cdot 10^{-3}$	80	0.0000222
Maraîchage	2.88	18	0.0000050
Plantier	13.5	7.5	0.0000020
Plantier	2.88	18	0.0000050
P1	13.5	7.5	0.0000021
P56	2.88	18	0.0000050
P2	7.9	13	0.0000036
P34	2.1	21.5	0.0000060

Tableau 7 : Coefficients d'infiltrabilité K_s utilisés dans les simulations et relation entre K_s et volume d'eau calculé.

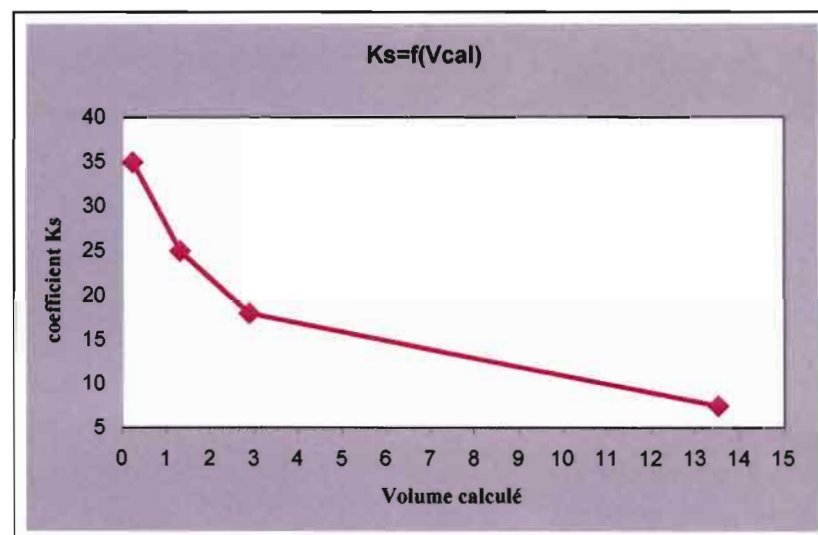


Figure 11 : Courbe représentant la relation entre les coefficients d'infiltrabilité K_s et les volumes d'eau calculés.

3.2.4. Calcul des variables de l'hydrogramme de sortie

Afin de comparer les différentes simulations entre elles, un certain nombre de variables caractéristiques a été retenu (Fig. 12). Ces variables ont pour objectif d'aider à appréhender le comportement hydrologique du bassin.

- Lamé d'eau écoulée à l'exutoire (Le).

$$Le = \frac{\Sigma Q \times 60 \times 1000}{S} \quad \text{en mm}$$

avec ΣQ : somme des débits en m^3/s

S : la surface du BV de Roujan qui est de 91 ha, soit 910000 m^2 .

- Débit de pointe (Qp).

$$Qp = \max Q$$

- Temps de réponse : temps entre le centroïde de la crue et celui de la pluie (Tr).

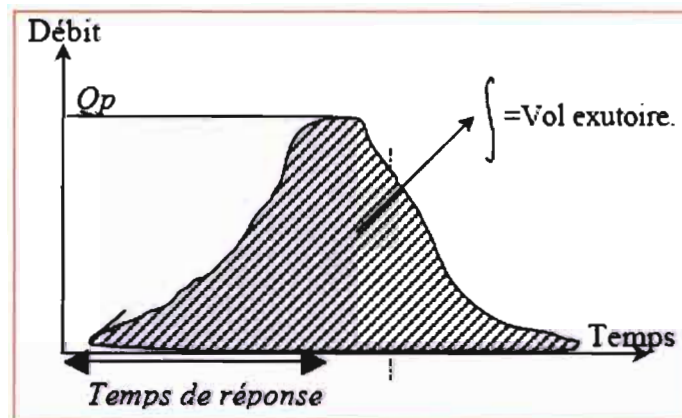


Figure 12: Variables de l'hydrogramme de sortie.

Les variables de l'hydrogramme de sortie obtenues après calage du modèle sont, pour l'événement pluvieux du 5 juin 1997 :

Variables	Valeurs
Le en mm	2.48
Qp en m^3/s	0.46
Tr en heures	0 :39

Tableau 9 : Les valeurs des variables de l'hydrogramme de sortie.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. CARTES DE PRATIQUES D'ENTRETIEN DU SOL OBTENUES PAR LES DISTRIBUTIONS ALEATOIRES DE PRATIQUES

Une fois sélectionnées les parcelles appartenant au bassin versant de Roujan sur les 2111 parcelles digitalisées sur la zone d'étude (cf: 2-3-1), on a attribué à chaque pratique d'entretien du sol le coefficient d'infiltrabilité (Ks) qui lui correspondait. On a répété cette opération pour les dix distributions aléatoires de pratiques. La figure 13 montre les cartes de distributions a obtenues grâce au logiciel Arc View.

4.2. CARTES DE PRATIQUES D'ENTRETIEN DU SOL OBTENUES PAR LES DISTRIBUTIONS ALEATOIRES D'INDICATEURS DE PRATIQUES

De la même façon, les dix cartes de pratiques d'entretien du sol obtenues suite aux distributions aléatoires des indicateurs de pratiques ont été générées par le logiciel Arc View (Fig. 14).



Figure 13 : Cartes de distributions aléatoires des pratiques pour les dix simulations (les valeurs des Ks sont en $10^3 \text{ m}^3/\text{s}$).

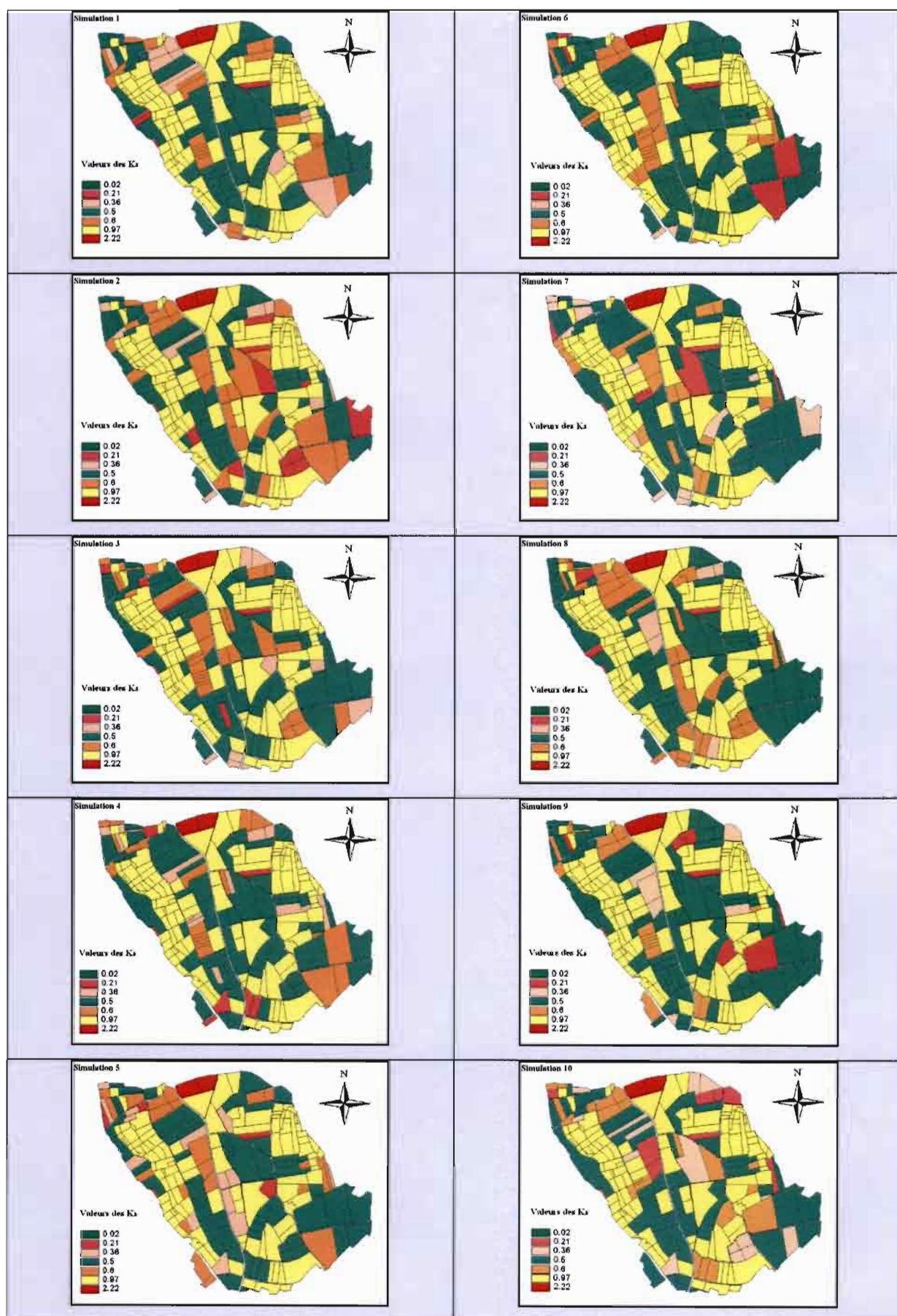


Figure 14: Cartes de distributions aléatoires des indicateurs de pratiques pour les dix simulations (les valeurs des Ks sont en $10^5 \text{ m}^3/\text{s}$).

4.3. RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA REPARTITION SPATIALE DES EXPLOITATIONS

4.3.1. Résultats de l'ACP

Les résultats obtenus par l'ACP montrent que les deux premiers axes représentent plus de 90% de la variance du jeu de données. On a donc choisi de travailler sur les deux seuls axes (Fig. 15).

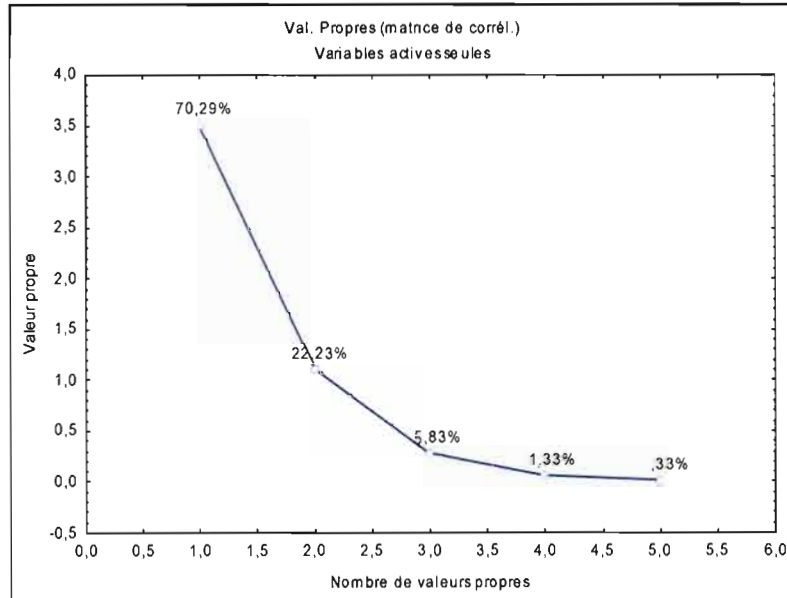


Figure 15 : Valeurs propres des indicateurs spatiaux.

La projection des variables sur le plan factoriel (Fig. 16) montre que l'axe 2 est porté par la variable Msp et que l'axe 1 est porté par toutes les autres les variables (Mpp, Dpp, Int min, Int max, Int 50, Int 75, Dsp, Dmin et Dmax).

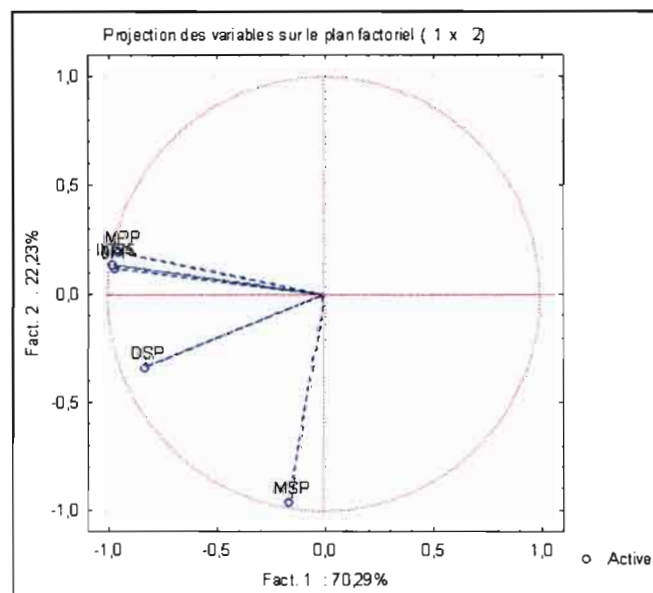


Figure 16 : Projection des variables sur le plan factoriel porté par Mpp et Msp.

Une interprétation de ce graphe serait que l'espace factoriel peut se diviser en quatre sous-parties :

- Msp grande et Mpp petite, donc des parcelles éloignées du siège mais regroupées entre elles ;
- Msp petite et Mpp grande, donc des parcelles éclatées mais proches du siège de l'exploitation ;
- Msp petite et Mpp petite, donc des parcelles regroupées près du siège ;
- Msp grande et Mpp grande, donc des parcelles dispersées sur toute la commune et éloignées les unes des autres.

D'après la figure 17 par contre, on ne décèle pas de regroupement fort des individus dans le plan des axes factoriels permettant de définir une typologie d'exploitations.

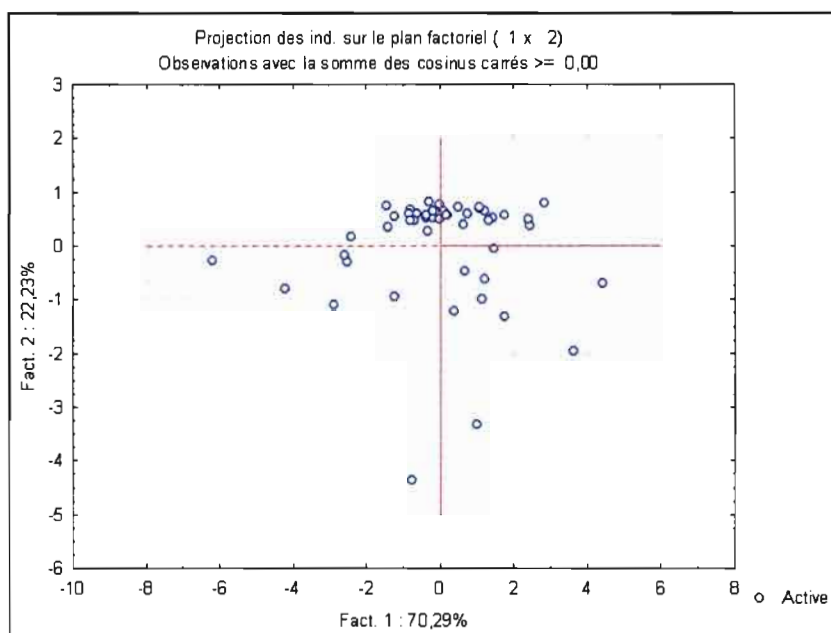


Figure 17 : Projection des exploitations sur le plan factoriel porté par Mpp et Msp.

4.3.2. Typologie des histogrammes d'inter-distances

L'ACP n'ayant pas été concluante, nous nous sommes intéressé à une variable en particulier: l'inter-distance reliant deux parcelles (Mpp). Nous avons donc organisé les inter-distances de chaque exploitation en classes de distances, ce qui nous a permis de calculer des effectifs d'inter-distances. Nous avons ensuite essayé de classer les 50 histogrammes schématisant ces effectifs et d'en déduire une typologie. Seuls 24 histogrammes, soit 24

exploitations semblent répondre à une classification. Nous les avons subdivisés en trois types :

- *1^{er} type*: incluant les exploitations MG40, MG15, MG36, MG37, MG08, YB04 et YB15. Ce type d'histogramme a globalement un seul pic, les effectifs des inter-distances augmentent en effet, progressivement jusqu'à atteindre une valeur maximale correspondant à une classe d'inter-distances moyenne, pour ensuite décroître de la même manière (Fig. 18). On peut en déduire, que pour ce premier type d'exploitations, les parcelles sont réparties sur toute la commune et ne sont ni très proches, ni très éloignées les unes des autres.

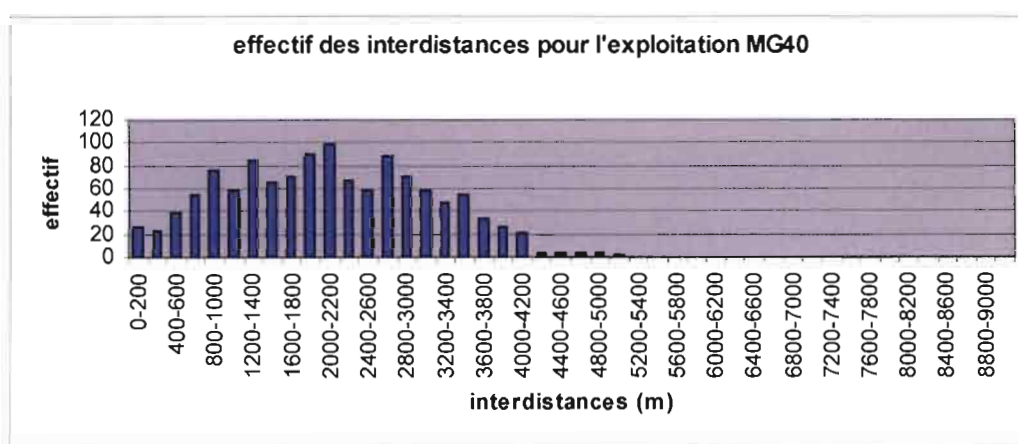


Figure 18 : Histogramme des effectifs des inter-distances de l'exploitations MG40 du premier type.

- *2^{ème} type*: incluant les exploitations types MG29, MG02, MG16, MG38, MG45 et YB03 et d'autres exploitations semblables : MG10, MG23, MG32, MG28, MG09, MG35, MG30, MG12, MG46, MG33 et MG41, présentant quant à lui deux pics principaux (Fig. 19). On en déduit que les parcelles d'une même exploitation sont regroupées principalement en deux îlots.

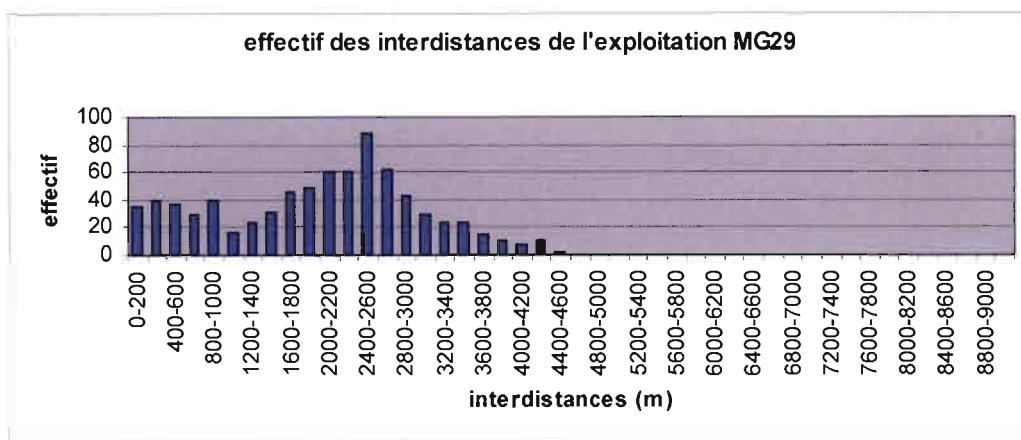


Figure 19 : Histogramme des effectifs des inter-distances de l'exploitation MG29 du deuxième type.

- *3ème type*: incluant trois exploitations MG03, MG04 et MG05. Ce type est caractérisé par des effectifs d'inter-distances très espacés. En d'autres termes, les parcelles de ce type d'exploitations sont regroupées en petits amas très éloignés les uns des autres (Fig. 20).

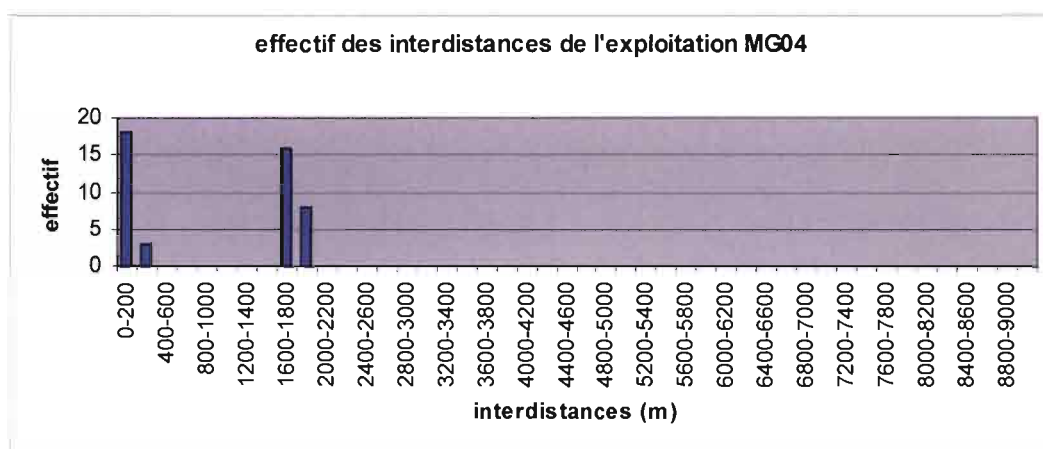


Figure 20 : Histogramme des effectifs des interdistances de l'exploitation MG04 du troisième type.

Les effectifs d'inter-distances des histogrammes des autres exploitations sont disposés de manière aléatoire et leurs histogrammes correspondant ne semblent pas répondre à une typologie particulière.

Le but de cette tentative de classification des exploitations et la possibilité ensuite de créer un modèle de distribution des pratiques d'entretien du sol qui serait contraint par une spatialisation des exploitations était l'idée première de ce stage de recherche. Mais, le manque de temps ne nous a pas permis d'avancer dans cette voie.

4.4. ETUDE DES SCENARII DE SIMULATION DE MHYDAS

L'objectif de cette partie est d'essayer d'étudier l'impact de l'incertitude de la répartition spatiale des pratiques d'entretien du sol sur la réponse hydrologique du bassin, sachant que le faible nombre de simulations ne permet pas de tirer de conclusions significatives.

Une première remarque à faire que ce soit pour les simulations obtenues à l'aide des données de répartition des pratiques d'entretien du sol par la méthode de distributions aléatoires des pratiques d'entretien ou par celle des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques est que les valeurs de la lame d'eau écoulée ainsi que le débit de pointe sont en deçà de celles obtenues lors du calage du modèle qui sont respectivement de 2.48 mm et 0.46 m³/s.

Ceci peut s'expliquer par le fait que les paramètres utilisés dans Mhydas correspondent à l'événement pluvieux de 1997 et que les pratiques d'entretien ont évolué depuis. En effet, le nombre de parcelles désherbées chimiquement a diminué durant cette dernière décennie.

De plus, les pourcentages de pratiques, ainsi que les pourcentages d'indicateurs de pratiques qui ont servi à faire les distributions aléatoires et à obtenir des valeurs de Ks pour chacune des parcelles de vigne digitalisées ont été calculés pour tout le bassin de La Peyne et ne correspondent pas forcément à ceux du bassin élémentaire de Roujan. Il aurait donc fallu, pour plus de précision, calculer les pourcentages de pratiques et d'indicateurs relatifs au seul bassin versant de Roujan.

4.4.1. Cas des distributions aléatoires des pratiques

D'après le tableau récapitulatif qui suit, on remarque que la lame d'eau écoulée varie, pour les dix simulations, entre 1.00 et 1.20 mm, soit un écart-type de 0.06. Le débit, quant à lui, varie entre 0.21 et 0.25 m³/s et son écart-type est de 0.01. Notons qu'une différence de 0.20 mm d'eau écoulée signifie en terme de volume d'eau apportée à l'exutoire du bassin versant de Roujan environ 182 m³. Cette quantité d'eau ruisselée qui peut paraître négligeable sur un bassin versant élémentaire comme celui de Roujan, ne l'est pas forcément à l'échelle de La Peyne.

Cas des distributions aléatoires des pratiques			
	Le (mm)	Qp (m³/s)	Tr
simulation 1	1,00	0,22	0:42
simulation 2	1,09	0,24	0:42
simulation 3	1,01	0,21	0:42
simulation 4	1,10	0,22	0:42
simulation 5	1,20	0,25	0:43
simulation 6	1,08	0,22	0:42
simulation 7	1,04	0,23	0:41
simulation 8	1,15	0,23	0:42
simulation 9	1,15	0,22	0:44
simulation 10	1,11	0,22	0:42
minimum	1,00	0,21	0:41
maximum	1,20	0,25	0:44
moyenne	1,10	0,23	
écart-type	0.06	0.01	

Tableau 10 : Valeurs des variables de l'hydrogramme de sortie pour les simulations des distributions aléatoires de pratiques.

4.4.2. Cas des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques

D'après le tableau 11, la lame d'eau écoulée varie cette fois-ci entre 0.85 et 1.01 mm et son écart-type est idem au cas précédent, soit 0.06. Le débit varie entre 0.18 et 0.21 m³/s et garde le même écart-type du cas précédent, soit 0.01. Les valeurs sont donc encore plus sous-estimées par rapport aux valeurs du calage que dans la méthode précédente. Notons également que les variations des lames d'eau écoulées et des débits de pointes entre les dix simulations sont plus faibles que celles obtenues par la méthode de distribution aléatoire des pratiques.

Néanmoins, aussi faible soit-elle, la différence de 0.16 mm d'eau écoulée entre les dix simulations effectuées, signifie en terme de volume d'eau apportée à l'exutoire du bassin versant de Roujan environ 145 m³.

<i>Cas des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques</i>			
	Le (mm)	Qp (m³/s)	Tr
simulation 1	0,89	0,20	0:42
simulation 2	0,86	0,19	0:42
simulation 3	0,87	0,19	0:41
simulation 4	0,91	0,20	0:42
simulation 5	0,88	0,19	0:42
simulation 6	0,85	0,18	0:42
simulation 7	0,97	0,20	0:42
simulation 8	0,85	0,19	0:42
simulation 9	1,00	0,21	0:42
simulation 10	1,01	0,21	0:42
minimum	0,85	0,18	0:41
maximum	1,01	0,21	0:42
moyenne	0,92	0,20	
écart-type	0.06	0.01	

Tableau 11 : Valeurs des variables de l'hydrogramme de sortie pour les simulations des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques.

4.4.3. Limites des résultats

Le faible nombre de simulations ne permet pas de mettre en évidence un apport significatif des indicateurs de pratiques pour diminuer l'incertitude de modélisation. En effet, les écarts-types de la lame d'eau écoulee et du débit de pointe restent les mêmes pour les deux cas de distributions.

5. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

5.1. ORIGINALITE DE CE MEMOIRE

De nombreuses références sur l'impact de la distribution des pratiques d'entretien du sol sur les écoulements hydrologiques existent. Cependant, à ce jour, aucune étude ne s'est intéressée à la construction de modèles de spatialisation de ces pratiques. Jusque-là, les études qui ont été menées ont essayé de tester des scénarii de distributions extrêmes ou intermédiaires, sans prendre en compte la réalité de la répartition spatiale des pratiques d'entretien du sol.

Moussa *et al.* (2003) avaient comparé une situation de calage de référence à des scénarii extrêmes de distribution sur le bassin versant de Roujan (toute la vigne désherbée chimiquement, ou toute la vigne labourée), mais en gardant une organisation spatiale fixe.

Lagacherie *et al.* (2004) avaient ensuite testé l'impact de distributions extrêmes et intermédiaires, mais sans une réelle prise en compte de l'organisation spatiale des pratiques d'entretien du sol.

Monestiez *et al.* (2004), ont comparé deux organisations spatiales d'une distribution à 30% de parcelles ruisselantes, l'une en regroupant les parcelles au centre du bassin versant, l'autre en les éparpillant. L'organisation éparpillée maximisait la réinfiltration entre UH et limitait le ruissellement.

Villey (2005) a constaté que quatre modalités de pratiques d'entretien du sol sur 200 parcelles impliquent trop de combinaisons possibles de distributions. Il a donc cherché une méthode pour définir des organisations spatiales maximisant l'impact hydrologique.

L'intérêt de notre travail est d'abord **méthodologique**. Il propose une approche pour générer des distributions de pratiques d'entretien du sol contraintes par la réalité du bassin versant. Cette approche aboutira par la suite à la construction de modèles de distribution des pratiques d'entretien du sol sur vignoble pour une meilleure évaluation de l'impact sur la ressource en eau des pratiques actuelles et des scénarii plausibles d'évolution.

5.2. OUTILS D'AIDE A LA GESTION.

Ces résultats visent le développement d'un outillage d'aide à la mise en place de schémas de gestion des pollutions diffuses qui soient acceptables par tous les acteurs concernés dans des situations de pollution de captage d'eau potable, de crues ou d'érosion :

- Cet outillage vise une aide à la formulation du problème, entendue comme le processus d'apprentissage permettant aux différentes parties prenantes de faire émerger la gamme des solutions alternatives possibles dans le contexte qui est le leur.
- Il vise également une aide à la négociation, vue comme une procédure de décision collective, permettant de répartir de manière équitable, entre les acteurs concernés, l'effort de réduction du désherbage chimique sauvage.

5.3. LIMITES DES RESULTATS OBTENUS ET PERSPECTIVES

Cette étude a été réalisée sur un cas particulier : pluie d'été avec nappe basse. Il serait intéressant de généraliser ces résultats à d'autres événements caractéristiques. En outre, multiplier le nombre de simulations par Mhydas permettrait d'avoir des résultats plus concluants.

5.3.1. En conditions de nappes hautes

La réinfiltration au niveau des fossés est fonction de la hauteur des nappes. En condition de nappes hautes, une partie de l'eau des nappes va être drainée par les fossés (*Ce1*). Le débit de pointe et les temps de réponse risquent par conséquent d'être fortement atténués.

5.3.2. Avec d'autres types de pluie

Pour l'ensemble des simulations, un seul type de pluie a été utilisé. Il serait intéressant de comparer l'impact de pluies de forte intensité et courte durée (type pluie d'été) à d'autres, plus longues et d'intensité moins importante (pluie de printemps ou d'automne).

5.3.3. D'autres périodes de l'année

En fonction des périodes de l'année, le différentiel entre le coefficient d'infiltration (K_s) des parcelles désherbées chimiquement et celui des parcelles labourées peut varier. Après le labour, très pratiqué au printemps, ce différentiel est maximal. Il entraîne alors un maximum de variabilité entre les scénarii d'organisations extrêmes. Au contraire, ce différentiel, faible en hiver, réduit l'importance de l'organisation du sol par rapport à la distribution sur l'hydrologie du bassin versant.

CONCLUSION

Au cours de ce travail, nous avons appliqué une méthodologie de travail dont l'objectif était d'évaluer l'impact de l'incertitude de la répartition spatiale des pratiques d'entretien du sol en milieu viticole sur l'hydrologie. Nous avons, pour cela, pris le cas du bassin versant de La Peyne (75 km²), représentatif de la viticulture languedocienne et sur lequel nous avons appliqué des répartitions spatiales de pratiques incertaines suivant deux méthodes :

- Une répartition spatiale des pratiques suivant une méthode de distributions aléatoires de pratiques respectant les proportions de pratiques déterminées à partir d'un échantillonnage préalable de 1007 parcelles sur toute la vallée de La Peyne.
- Une répartition spatiale des pratiques suivant une méthode de distributions aléatoires des indicateurs de pratiques d'entretien du sol révélés discriminants du type de pratique sur les 1007 parcelles enquêtées et ce, suivant un modèle de prédiction des pratiques.

A partir des différentes cartes de distributions de pratiques obtenues, nous avons utilisé le modèle hydrologique distribué MHYDAS (Moussa et *al.*, 2001) pour simuler les débits qui leurs étaient associés sur le bassin versant élémentaire de Roujan (1km²).

Cette étude constitue donc l'étape préliminaire à la construction d'un modèle spatialisé de distributions de pratiques. Elle a permis de poser les bases d'une méthodologie visant à définir l'impact hydrologique des incertitudes d'un modèle spatialisé de pratiques d'entretien du sol.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la région du Languedoc-Roussillon et du bassin versant de La Peyne.	12
Figure 2 : Coupe géologique du bassin de La Peyne (Lagacherie et <i>al.</i> (2001), adaptée de Bonfils (1993)).	14
Figure 3 : Carte géomorphologique et pédologique de la basse vallée de La Peyne, adaptée de Bonfils 1/100.000 (1993).	14
Figure 4 : Parcellaire cultural digitalisé de notre zone d'étude (contour noir).....	16
Figure 5 : Occupation du sol au niveau des parcelles digitalisées de notre zone d'étude.....	16
Figure 6 : Parcelles enquêtées dans le bassin de La Peyne.	18
Figure 7: Principes de la spatialisation des pratiques.....	20
Figure 8: Pourcentage global de parcelles dont les pratiques sont bien discriminées en fonction du jeu de variables utilisées. (Var : variable, Env : environnementale, Parc : parcellaire, Expl : exploitations).	22
Figure 9 : Arbre de décision utilisé pour la prédiction des pratiques d'entretien du sol.....	25
Figure 10 : Localisation du bassin élémentaire de Roujan dans le bassin versant de La Peyne.	28
Figure 11 : Courbe représentant la relation entre les coefficients d'infiltrabilité Ks et les volumes d'eau calculés.....	34
Figure 12: Variables de l'hydrogramme de sortie.....	35
Figure 13 : Cartes de distributions aléatoires des pratiques pour les dix simulations (les valeurs des Ks sont en $10^5 \text{ m}^3/\text{s}$).....	37
Figure 14: Cartes de distributions aléatoires des indicateurs de pratiques pour les dix simulations (les valeurs des Ks sont en $10^5 \text{ m}^3/\text{s}$).	38
Figure 15 : Valeurs propres des indicateurs spatiaux.....	39
Figure 16 : Projection des variables sur le plan factoriel porté par Mpp et Msp.	39
Figure 17 : Projection des exploitations sur le plan factoriel porté par Mpp et Msp.	40
Figure 18 : Histogramme des effectifs des inter-distances de l'exploitations MG40 du premier type.	41
Figure 19 : Histogramme des effectifs des inter-distances de l'exploitation MG29 du deuxième type.	42

Figure 20 : Histogramme des effectifs des interdistances de l'exploitation MG04 du troisième type. 42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des enquêtes 2005 selon la commune dominante du vignoble.....	17
Tableau 2 : Distribution des pratiques d'entretien du sol au sein des 1007 parcelles enquêtées.	19
Tableau 3 : Seuils pertinents des variables prise en compte dans le modèle de prédiction.	24
Tableau 4: Paramètres nécessaires au modèle MHYDAS (d'après Chahinian N., 2004).	30
Tableau 5 : Valeurs du coefficient d'infiltrabilité (Ks) utilisées pour le calage du modèle MHYDAS.....	31
Tableau 6: Récapitulatif des paramètres calés.	33
Tableau 7 : Coefficients d'infiltrabilité Ks utilisés dans les simulations et relation entre Ks et volume d'eau calculé.....	34
Tableau 9 : Les valeurs des variables de l'hydrogramme de sortie.....	35
Tableau 10 : Valeurs des variables de l'hydrogramme de sortie pour les simulations des distributions aléatoires de pratiques.	44
Tableau 11 : Valeurs des variables de l'hydrogramme de sortie pour les simulations des distributions aléatoires des indicateurs de pratiques.	45

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abrassart E., 1998. Qui assume vraiment le risque ? Systèmes d'indemnisations des inondations en France et dans le reste du monde. *Techniques-Sciences-Méthodes*, 6.

Ambroise B., 1991. Hydrologie des petits bassins versants ruraux en milieu tempéré. Processus et modèles, *Séminaire du conseil scientifique du département « Sciences du sol »*, INRA.

Andrieux P., Bouzigues R., Joseph C., Voltz M., Lagacherie P. et Bourlet M., 1993. Le bassin versant de Roujan ; caractéristiques générales du milieu. *INRA – UR Science du Sol, Montpellier*, août.

Beven, K., 1989. Changing ideas in hydrology – the case of physically based models. *Journal of Hydrology*, 105, 152-172.

Biarnès A., Monestiez P., Bailly J.S., Boissieux Y., Gal M., article en cours.

Blanchard E., King C., Le Bissonnais Y., Bourguignon A., Souchère V., Desprats J.-F., Maurizot P., 1999. Paramétrisation du potentiel de ruissellement des bassins versants au moyen de la télédétection et des systèmes d'information géographique. Application à des bassins versants du Pays de Caux. *Étude et Gestion des Sols*, 6 (3), 181-199.

Boissieux Y., 2005. Analyse de la variabilité spatiale des pratiques d'entretien du sol dans un bassin versant viticole du sud de la France. *Mémoire de Fin d'Etudes. Ecole d'Ingénieurs en Agriculture, ESTIPA Rouen*. 89 p.

Bonfils, 1993. Carte pédologique de la France au 1/100 000, Feuille de Lodève (notice + carte). INRA SESCOF, Orléans.

BRGM, 1977. Carte géologique de la France à 1/50.000 : Moyenne plaine de l'Hérault, Feuille de Pézenas, 26-44, n°1015. Orléans.

Chahinian N., 2004. Paramétrisation multi-critère et multi-échelle d'un modèle hydrologique spatialisé de crue en milieu agricole. *Thèse de Doctorat de l'Université Montpellier II*, 238 p.
Linsley R. K., 1976. Why simulation ? *Hydrocomp simulation network newsletter*, Vol. 8, number 5.

Chantelot E., 1999. Les sols viticoles et les pratiques culturales. *Euroviti 99, 12^{ème} colloque viticole et œnologique*, Montpellier, 16-18 novembre. Isatis, pp. 213.

Corgne S., 2004. Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif. Application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. *Thèse de Doctorat de l'université de Rennes 2. Haute-Bretagne*. 226 p.

Gal M., 2004. Analyse des déterminants de la diversité et de la localisation des pratiques d'entretien du sol en vue de la spatialisation des pratiques dans un bassin versant viticole languedocien. *Mémoire de Fin d'Etudes de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs et de Techniciens Pour l'agriculture, Val de Reuil*.

Kessler J. et Chambraud A., 1986. La météo de la France, tous les climats localité par localité. *J. Clottes*, 230 p.

Lambin E.F., Rounsevell M. et Geist H., 2000. Are agricultural land-use models able to predict changes in land use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol.82, nr.1-3, pp.321-331.

Lagacherie P., Juin 2001 - Décembre 2004. Dégradations physiques des sols de vigne et impacts sur la ressource en eau en milieu méditerranéen viticole. *INRA, LISAH, Agro-Montpellier. Programme Gessol- Ministère de l'écologie et du développement durable*. 94 p.

Lagacherie P., Louchart X., Moussa R., Rio P., Frot E., Le Fornier S., Andrieux P. et Voltz M.. 2004. Essai de couplage d'un modèle hydrologique et d'un modèle agro-économique en vue d'analyser l'impact de mesures d'orientation de la viticulture méridionale sur la qualité des eaux à l'exutoire d'un bassin versant viticole, *In Organisation spatiale et conduite des cultures*. AIP, ECOSPACE. INRA.

Le Fornier S., Moussa R., Voltz M., Lagacherie P., Andrieux A., 1999. Distributed hydrological modelling in agricultural areas with dense ditches network. *International Conference of the European Geophysical Society, Den Haag, Pays Bas*.

Leonard J., Andrieux P., 1998. Infiltration characteristic of soils in mediterranean vineyard in Southern France. *Catena*, 32, 209-223.

Monestiez P., Alardon, Seguin, 2004. Processus d'érosion dans les bassins versants. Organisation spatiale des activités agricoles et processus environnementaux, *Science Update, Edition INRA* :56-70.

Moussa R., Voltz M., Andrieux P., 2001. Effects of the spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchments during flood events. *Hydrological process* 16 : 393-412.

Moussa R., Voltz M. et Andrieux P., 2002. Effects of spatial organization of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *Hydrological processes*, 16, 393-412.

Moussa R., Voltz M., Andrieux P. 2003. Impacts of various scenarios of agricultural management on the hydrological behaviour of a farmed catchment during flood events. *International Association of Hydrological Science*, 278. 417-421.

Otlé C., Le Hégarat S., Zribi M., 2003. Applications de la télédétection spatiale en hydrologie. *Revue du Palais de la Découverte*, « *L'observation de la Terre par satellites* », 304, Janvier 2003, 37-47.

Pilesjö P., 1992. GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments. Estimation of soil erosion parameters at different scales. *Thèse de Doctorat, Geografiska Institution, Lund. Meddelanden fran Lunds Universitets*, 203 p.

Philip J., 1980. Field heterogeneity: some basic issues. *Water Ressources Research*, 16, 443-448.

Puech C., 1993. Détermination des états de surface par télédétection pour caractériser les écoulements des petits bassins versants. Application à des bassins en zone méditerranéenne et en zone tropicale sèche. *Thèse de Doctorat. Université J. Fourier*, 214 p.

Rounsevell, M.D.A., Annetts, J.E., Audsley, E., Mayr, T. and Reginster, I., 2003. Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 465-479.

Sellers, P.J., R.E. Dickinson, D.A. Randall, A.K. Betts, F.G. Hall, J.A. Berry, G.J. Collatz, A.S. Denning, H.A. Mooney, C.A. Nobre, N. Sato, C.B. Field and A. Henderson-Sellers, 1997, "Modeling the exchanges of energy, water and carbon between continents and the atmosphere", *Science*, 275, 502-509.

Villey S., 2005. Impacts de la répartition spatiale des pratiques d'entretien du sol sur l'hydrologie d'un bassin versant. Application au bassin versant de Roujan. *DEA Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental, ENGREF*. 75p.

Viné P., 1997. Identification de l'hétérogénéité spatio-temporelle des comportements hydrologiques. Apports de la télédétection satellitale. *Thèse de Doctorat. LCT Cemagref /Engref, Montpellier. Institut National Polytechnique de Grenoble*, 285 p.

Voltz M. et Andrieux P., 1995. Etudes des flux d'eau et de polluants en milieux méditerranéen viticole: le programme ALLEGRO-Roujan. *Compte rendu final AIP « Valorisation et protection de la ressource en eau »*. INRA, Sciences du Sol, Montpellier, 31pp.

Voltz M., Andrieux P., Bouzigues R., Lennartz B., Louchart X., Moussa R. et Ribolzi O. 1998. Transport of water and matter in a farmed sedimentary soil system in the mediterranean environment. *XVI^e Congrès Mondial de Sciences du Sol*, Montpellier, 20-26 août.

Wassenaar T., Legacherie P., Legros J.-P., Rounsevell M.D.A., 1999. Modelling wheat yield responses to soil and climate variability at the regional scale. *Climate Res.* 11, 209–220.

Wassenaar T., 2001. Reconnaissance des états de surface du sol en milieu viticole méditerranéen par télédétection à très haute resolution spatiale. *Thèse de Doctorat en Sciences du Sol, Université de Montpellier II*, 194 p.

Sites Internet

National Research Council (NRC), <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/>.

International Geosphere-Biosphere Program (IGBP), <http://www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php>.

International Human Dimensions Program (IHDP), <http://www.ihdp.uni-bonn.de/>.

Programme Land Use/Cover Changes (LUCC), <http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/lucc.html>.

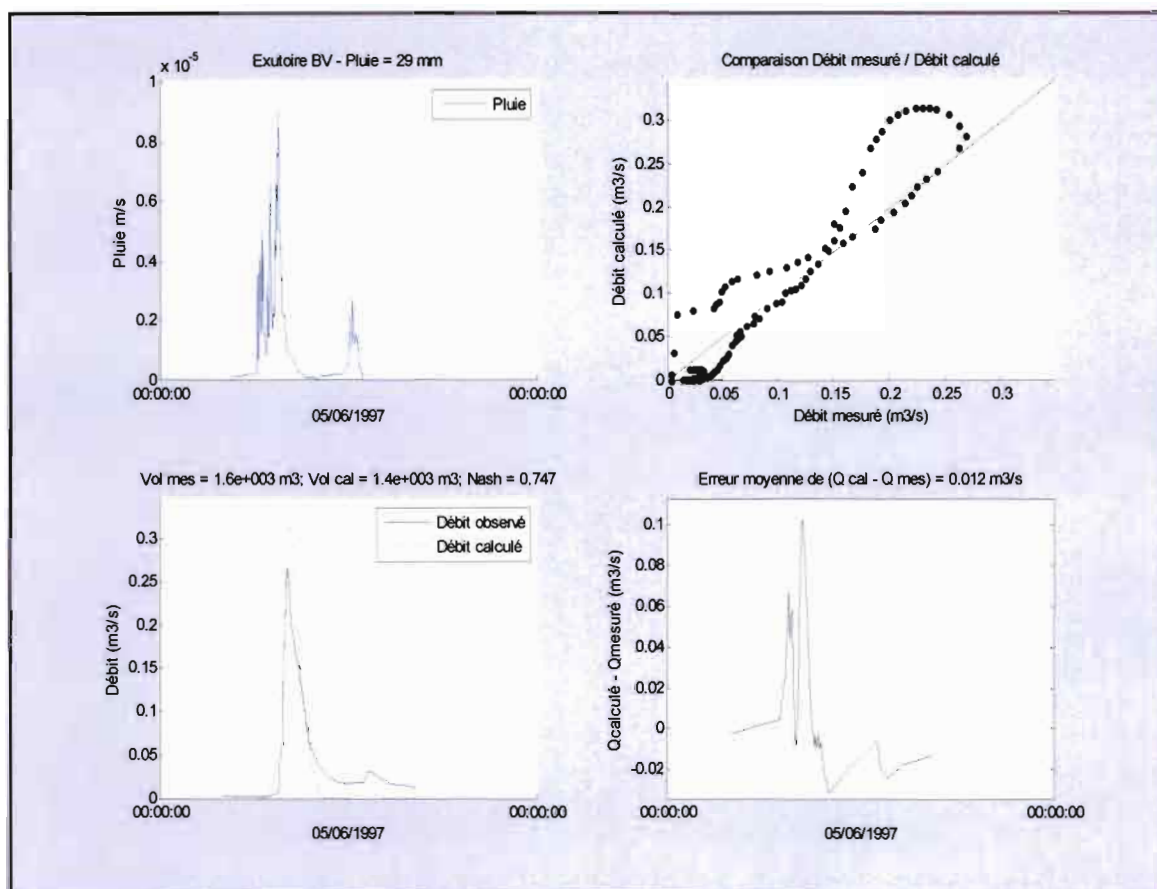
**ANNEXE 1 : TABLEAU DES VARIABLES CALCULEES POUR 50
EXPLOITATIONS.**

	M pp	D pp	Int min	Int max	Int 50	Int 75	M sp	D sp	D min	D max
Exp MG01	2022,53	1001,14	41,31	4825,68	2015,23	2793,61	1443,20	812,26	423,04	2772,07
Exp MG02	1924,87	1164,63	39,42	4385,30	2139,20	2718,32	1550,82	410,51	861,85	2553,62
Exp MG03	1315,05	1026,91	29,49	2232,91	2033,99	2089,10	3395,24	834,36	2404,72	4099,34
Exp MG04	1002,46	847,46	20,74	1975,66	1675,16	1777,41	2973,49	731,54	2339,21	3847,96
Exp MG05	1558,62	668,83	34,01	2290,85	1694,07	2011,60	1195,69	467,45	646,13	1819,85
Exp MG06	1523,94	800,33	35,08	2934,25	1564,43	2104,48	1211,78	446,98	556,68	2934,25
Exp MG08	1939,13	1146,20	12,30	6917,32	1729,29	2596,31	1386,54	801,91	317,65	4150,08
Exp MG09	1253,15	785,66	59,63	3417,96	1212,16	1663,28	1129,65	620,69	476,16	2972,85
Exp MG10	1880,61	1063,79	28,93	5247,60	1967,62	2434,06	1594,61	538,73	321,00	2744,01
Exp MG11	1820,13	1148,92	75,33	4857,18	1559,32	2496,92	1641,10	598,68	478,51	2665,69
Exp MG12	2200,95	1034,96	232,56	4248,52	2441,80	3086,87	1607,09	424,37	888,36	2379,13
Exp MG13	1525,69	905,31	28,56	3461,56	1626,52	2087,16	1346,00	316,68	794,80	2047,65
Exp MG15	2284,43	1219,66	18,56	5353,29	2322,55	3097,05	1754,79	655,21	872,70	3660,32
Exp MG16	2429,65	1339,67	53,88	4717,32	2972,61	3390,17	2027,26	593,83	1179,49	2923,92
Exp MG17	3031,42	1816,80	24,17	7644,90	2792,04	4239,58	3006,03	1902,51	665,64	7324,21
Exp MG21	1395,91	716,19	55,26	2931,63	1418,32	1856,45	1377,80	400,07	679,06	2006,39
Exp MG22	401,47	199,53	53,75	827,55	407,93	519,28	4165,42	162,72	3901,89	4421,59
Exp MG23	2500,29	1407,14	67,27	4864,76	2532,67	3784,71	2006,76	478,74	845,90	2489,46
Exp MG25	2331,10	1574,01	42,41	7469,94	1957,09	3527,69	2288,83	1512,48	685,50	5918,36
Exp MG26	1057,70	710,37	32,37	3651,00	875,89	1571,13	1004,87	505,45	268,12	2097,32
Exp MG28	1380,56	979,42	17,64	5086,00	1023,36	2299,24	1338,39	513,69	337,96	3130,22
Exp MG29	2000,01	1043,06	50,72	4473,79	2132,73	2698,66	1806,55	783,05	516,43	3471,80
Exp MG30	1764,21	987,08	47,98	3904,80	1907,42	2520,20	1478,02	377,99	849,68	2178,90
Exp MG31	3873,43	2550,62	79,97	8319,28	3906,76	5541,48	3483,03	1599,55	1425,04	6302,94
Exp MG32	2249,25	1188,20	63,19	4835,07	2295,18	2944,64	1765,69	738,19	677,36	2731,07
Exp MG33	1780,11	918,30	19,54	4283,36	1705,19	2422,15	7460,19	1224,79	5348,53	9614,86
Exp MG34	2081,25	1224,66	59,81	5384,24	1955,52	2777,62	1541,41	741,80	571,19	2727,90
Exp MG35	1597,09	898,40	41,16	4312,21	1598,94	2073,31	1750,06	783,40	727,80	3448,77
Exp MG36	2608,56	1560,03	11,82	9110,70	2424,32	3470,57	2010,80	1263,37	315,25	6564,20
Exp MG37	2139,74	1180,20	24,42	6718,96	2191,90	2910,43	1688,78	773,74	519,51	4787,94
Exp MG38	1841,32	1237,84	52,95	4441,54	1864,59	2880,52	2922,96	1323,76	1498,00	5611,97
Exp MG39	892,40	367,02	305,40	1634,33	783,34	1071,12	675,48	290,45	102,99	870,11
Exp MG41	886,96	808,34	34,25	3068,35	578,79	956,12	1302,87	213,34	1047,22	1762,48
Exp MG43	2301,50	1562,97	24,99	4884,70	1942,24	3850,40	3284,73	1631,76	395,17	4644,80
Exp MG44	1361,86	563,06	445,13	2461,97	1396,74	1639,25	1786,72	643,85	1063,08	2637,30
Exp MG45	2087,70	1700,67	48,98	5954,32	1266,23	3737,35	2129,97	1499,31	684,90	5893,96
Exp MG46	1871,49	1260,76	42,58	4415,71	2233,74	2941,39	1830,64	473,14	936,79	2589,04
Exp YB01	1892,48	1081,88	57,82	4053,46	1761,53	2643,07	1614,07	446,71	779,36	2209,79
Exp YB02	147,91	60,90	62,93	273,82	135,82	173,19	2353,15	72,43	2268,11	2443,67
Exp YB03	1545,66	992,82	22,67	3803,58	1541,20	2182,02	1629,34	534,32	659,84	2310,52

Exp YB04	2471,31	1233,64	32,58	5202,82	2298,24	3282,78	1919,20	926,70	554,04	3746,66
Exp YB08	887,86	606,05	30,87	2275,94	717,40	1427,73	3237,27	687,31	2603,85	4643,61
Exp YB09	889,80	477,87	9,15	1812,04	992,53	1250,17	1132,10	434,75	469,22	1570,18
Exp YB10	1190,65	874,16	64,89	2505,69	1400,64	1952,86	2906,63	431,09	1858,25	3398,85
Exp YB11	1965,25	1095,12	68,72	4056,36	1926,78	2747,69	1704,21	591,32	996,23	2982,20
Exp YB14	1393,81	766,99	328,11	2427,42	1688,47	2052,45	2230,66	897,31	1323,67	3581,17
Exp YB15	1879,91	929,46	73,88	4384,57	1781,90	2493,91	1439,70	635,60	420,63	2937,15
Exp YB17	1334,61	645,87	78,70	2650,05	1520,54	1836,94	6313,05	620,38	5478,23	7726,98
Exp YB19	2226,68	1247,81	49,06	4649,84	2224,17	3075,25	1666,13	624,39	839,63	2548,00
Exp YB40	2090,86	1039,01	52,40	5100,05	2061,26	2859,11	1638,29	530,73	432,02	3139,17

ANNEXE 2 : RESULTAT DU CALAGE DE L'EVENEMENT DU 5 JUIIN 1997.

A l'exutoire :



Résumé

Pour aider à une gestion environnementale des territoires agricoles, il est actuellement indispensable d'utiliser des outils capables de quantifier l'impact des pratiques d'entretien des sols tels que les modèles hydrologiques distribués. Or, ces modèles nécessitent, pour leur paramétrisation, des données spatialisées sur chaque unité spatiale. En particulier, en contexte viticole méditerranéen, il a été démontré que la connaissance des pratiques d'entretien du sol était capitale. Le problème réside dans le fait que le relevé exhaustif de cette information sur des espaces cultivés de quelques dizaines à quelques centaines de km² n'est plus possible y compris par télédétection. C'est pourquoi, nous avons envisagé de construire des modèles spatialisés donnant des distributions de pratiques d'entretien des sols plausibles. Ces distributions de pratiques ont été approchées par des enquêtes (1007 parcelles enquêtées) dont l'analyse des résultats nous a permis de définir des contraintes pour la modélisation spatiale.

Le travail s'est appuyé sur les bassins de la Peyne (affluent rive droite de l'Hérault, drainant environ 80 km²) et de Roujan (91 ha) étudiés par l'UMR LISAH depuis plus de 10 ans.

Une méthodologie de travail est exposée dans ce rapport, qui se propose de tester l'impact hydrologique de différentes distributions incertaines de pratiques sous contraintes. Nous avons utilisé :

- Une méthode de distributions aléatoires de pratiques respectant les proportions de pratiques dominantes sur toute la vallée de La Peyne.
- Une méthode de distributions aléatoires des indicateurs de pratiques d'entretien du sol considérés comme discriminants et l'application d'un arbre de décision pour en déduire des distributions de pratiques.

Les différents scénarii de distributions des pratiques d'entretien du sol ont ensuite été utilisés pour paramétrer le modèle hydrologique distribué MHYDAS et simuler les hydrogrammes correspondant.

Mots clés : contexte viticole, modèles hydrologiques distribués, données spatialisées, pratiques d'entretien du sol, distributions aléatoires, indicateurs de pratiques.

Abstract

To help in an environmental management of the agricultural territory, it is nowadays indispensable to use tools able to quantify the impact of the agricultural practices such as distributed hydrological models. However, these models need for their parametering, spacial data on every spacial unit. In particular, in mediterranean wine context, it has been shown that the knowledge of the agricultural practices is capital. The problem is then that the exhaustive uptake of this information on cultivated areas ranging from few tens to some hundreds of square kilometers, is no longer possible even with remote sensing. That is why we thought about building-up spacial models who give plausible distributions of soil agricultural practices. The distributions of practices have been approached by inquiry (1007 portions of land) which analysis of the results allowed us to define the constraint for the spacial modelling.

Our work was based on the Peyne (right side affluent of the Herault, draining about eighty square kilometres (80 km²)) and the Roujan (91ha), both studied by the UMR LISAH since more than ten years.

A methodology has been exposed in this report in order to test the hydrological impact of different dubious distributions of practices under constraint. We used :

- A method of random distribution of practices respecting the proportions of the dominant practises on the whole valley of the Peyne
- A method of random distribution of the agricultural practices indicators considered as discriminating and the application of a decision tree to deduce the distributions of the practices.

The different scenarii of the agricultural practices distributions have then been used to parameter the hydrological distributed model MHYDAS and simulate the corresponding hydrograms.

Key-words : wine context, distributed hydrological models, special data, agricultural practices, random distributions, practices indicators.